สถานะโพแทสเซียมในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา ในจังหวัดสงขลา

Status of Potassium in Upland and Lowland Rubber Growing Soils in Songkhla Province

จักรกฤษณ์ พูนภักดี

Chakkrit Poonpakdee

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Soil Resources Management Prince of Songkla University

2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ สถานะโพแทสเซียมในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา ในจังหวัดสงขลา
ผู้เขียน นายจักรกฤษณ์ พูนภักดี
สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรดิน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	**คณะกรรมการสอบ**
……...	……ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง)	(รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา เพ็งหนู)
	……..กรรมการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(รองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง)
…….....	……..……กรรมการ
(ดร.สุพรรณี ดวงทอง)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร)
	……..…กรรมการ
	(ดร.สุพรรณี ดวงทอง)
	……..…กรรมการ
	(ดร.ขวัญตา ขาวมี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอแสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายจักรกฤษณ์ พูนภักดี)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายจักรกฤษณ์ พูนภักดี)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ สถานะโพแทสเซียมในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา ในจังหวัดสงขลา
ผู้เขียน นายจักรกฤษณ์ พูนภักดี
สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรดิน
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของยางพารา โดยในดินเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมสูงกว่าในดินเนื้อหยาบ และในปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปสู่ในพื้นที่ลุ่มโดยเฉพาะในพื้นที่นาร้างซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียด ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ 1) ศึกษาสถานะโพแทสเซียมรูปต่างๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา และ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมรูปต่างๆ ในดินกับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพาราของยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกยางพาราในที่ดอนและที่ลุ่มในจังหวัดสงขลาเพื่อวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ คือ โพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่ถูกตรึง และโพแทสเซียมทั้งหมดซึ่งส่วนใหญ่ เป็นโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ รวมทั้งเก็บตัวอย่างใบและน้ำยางพาราเพื่อวิเคราะห์โพแทสเซียมแล้วเปรียบเทียบโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราจากแปลงยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม รวมถึงเปรียบเทียบโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (โพแทสเซียมในสารละลายดิน + โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) และโพแทสเซียมในใบกับค่ามาตรฐานที่ได้มีกำหนดไว้ และหาความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

ผลการทดลอง พบว่า ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำและไม่แตกต่างกัน โดยพบความสัมพันธ์สูงระหว่างโพแทสเซียมในสารละลายดินกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยแอมโมเนียมอะซิเทต (NH_4OAc-K) ทั้งดินในที่ดอนและในที่ลุ่ม แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมทั้งสามรูปกับโพแทสเซียมที่ถูกตรึง ทั้งนี้ดินในที่ดอนมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำกว่าดินในที่ลุ่มมาก โดยโพแทสเซียมที่ถูกตรึงมีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยกรดไนทริก ดังนั้น จึงสามารถใช้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยกรดไนทริกทำนายความเข้มข้นโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินได้ ทั้งดินในที่ดอน (r^2=0.51) และในที่ลุ่ม (r^2=0.70) นอกจากนั้น พบความสัมพันธ์สูงระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับโพแทสเซียมในใบ

และในเซรัมน้ำยางพารา ในดินปลูกยางพาราจึงควรวิเคราะห์ทั้งโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน เพราะดินที่มีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงสูงจะเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มเติมในระยะยาวได้ นอกจากนั้น พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบกับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา การวิเคราะห์โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราจึงสามารถชี้วัดศักยภาพการดูดใช้โพแทสเซียมในดินได้เช่นเดียวกับค่าวิเคราะห์ในใบ

โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มมีแนวโน้มสูงกว่าในที่ดอน ในขณะที่โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารามีค่าใกล้เคียงกัน โดยโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราหลังเปิดกรีดมีสูงกว่ายางพาราก่อนเปิดกรีด แม้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินและโพแทสเซียมในใบทั้งดินในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ แต่ในดินที่ลุ่มซึ่งมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงสูงทำให้โพแทสเซียมในใบมีแนวโน้มสูงกว่าในที่ดอน

ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ จึงควรใส่ปุ๋ยโพแทชให้มีโพแทสเซียมมากกว่าที่สูญเสียโพแทสเซียมออกไปกับน้ำยางพารา โดยใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อให้ดินในที่ดอนซึ่งมีเนื้อหยาบดูดซับโพแทสเซียมได้ดีขึ้น ส่วนดินในที่ลุ่มเพื่อให้ดินร่วนซุย ระบายน้ำดีขึ้น นอกจากนั้น กรดอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุจะช่วยให้แร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาให้ยางพารานำไปใช้ประโยชน์ได้

Thesis Title Status of Potassium in Upland and Lowland Rubber Growing Soils in Songkhla Province

Author Mr. Chakkrit Poonpakdee

Major Program Soil Resources Management

Academic Year 2013

ABSTRACT

Potassium is an essential element for growth and yield production of rubber trees. In general, fine textured soils have higher potassium content than coarse textured soils. Presently, areas of rubber cultivation in lowland have increased extensively, especially in abandoned paddy fields. The objectives of this study were to 1) determine various forms of potassium in soil, leaf and latex serum of rubber and 2) investigate the correlation between various forms of soil potassium and potassium in leaf and in latex serum of rubber trees cultivated in upland and lowland areas. Rubber growing soils in the upland and lowland areas in Songkhla province were collected to analyze various forms of soil potassium i.e. water-K, exchangeable-K, fixed-K and total-K, mostly K-bearing minerals. Leaf and latex were also collected for determination of potassium. Then, the potassium in soil, leaf and latex serum of rubber derived from upland and lowland areas was compared. Moreover, the available soil K (water-K + exchangeable K) and leaf K was categorized according to critical levels. And the correlations between soil K and leaf and latex serum K were calculated.

The results showed that the upland and lowland rubber growing soils were low available K and the available potassium is not different. A strong correlation between water-K, exchangeable-K and potassium extracted by ammonium acetate (NH_4OAc-K) method were noted in both upland and lowland soils, whereas the correlation between water-K, exchangeable-K and NH_4OAc-K and fixed-K were undetected. However, the concentrations of fixed-K and total-K in the upland soils were much lower than that in the lowland soils, and fixed-K was correlated with potassium extracted by nitric acid. Consequently, the concentration of fixed-K could be predicted from the concentration of potassium extracted by nitric acid in both upland (r^2= 0.51)

and lowland (r^2= 0.70) soils. In addition, fixed K was highly correlated with K in leaf and latex serum. Therefore, analysis of fixed-K, together with available K, in rubber growing soils should be recommended because available K in the long run may be supplied by fixed-K. Moreover, the correlation between leaf and latex serum K was found. Thus, determination of K in latex serum could indicate K uptake in soils as well as analysis of leaf K.

Most of K in leaf of para rubber grown in the upland and lowland soils was lower than the optimal level. However, the leaf K of rubber grown in the lowland tended to be higher than that in upland, while K in latex serum was similar. The latex serum K in mature rubber trees was higher than that in immature rubber trees. Even though soil and leaf K in the upland and lowland were low, higher fixed-K in lowland resulted in the tendency to higher leaf K in lowland compared with the upland.

The upland and lowland rubber growing soils had low available K. Therefore, amount of K fertilizer should be applied K to rubber plants more than it is loss from latex yield. Inorganic fertilizer, together with organic fertilizer should be applied to improve better K adsorption in coarse texture upland soils and increase looseness and water drainage in lowland soils. Furthermore, organic acid from organic matter decomposition could induce K ion release from K bearing minerals to be available for rubber trees.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สุพรรณี ดวงทอง กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาเสียสละเวลา ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้น ด้วยการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้กำลังใจ และข้อคิดในด้านต่างๆ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ และแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงได้ดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา เพ็งหนู ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร และ ดร.ขวัญตา ขาวมี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องในด้านการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และวิชาการด้านต่างๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ ขอขอบคุณเจ้าของสวนยางพาราที่ได้เอื้อเฟื้อสวนยางพาราสำหรับทำการศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพ่ออำนวย และคุณแม่อาริน พูนภักดี ผู้ให้ชีวิต และสนับสนุนให้มีโอกาสทางการศึกษา ขอขอบคุณนายจักรพงศ์ พูนภักดี ผู้ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจน ให้กำลังใจจนเป็นแรงผลักดันให้มีความอดทน และมุมานะจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

จักรกฤษณ์ พูนภักดี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(11)
รายการรูป	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	19
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	20
วัสดุและสารเคมี	20
อุปกรณ์	21
วิธีการทดลอง	21
3. ผลการทดลอง	27
4. วิจารณ์ผลการทดลอง	41
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	56
เอกสารอ้างอิง	59
ประวัติผู้เขียน	74

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ชุดดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพาราในภาคใต้ตามจำแนกชั้นความเหมาะสมต่อการปลูก (R)	8
3.1	สมบัติทางเคมีและอนุภาคดินของดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม	28
3.2	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา	29
3.3	ระดับโพแทสเซียม (NH_4OAc-K) ในดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ความลึก 0 - 30 เซนติเมตรที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มเมื่อจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐาน	31
3.4	ระดับโพแทสเซียม (NH_4OAc-K) ในดินปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดที่ความลึก 0 - 30 เซนติเมตรที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มเมื่อจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐาน	32
3.5	โพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม	33
3.6	ระดับโพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มตามเกณฑ์มาตรฐาน	34
3.7	ระดับโพแทสเซียมในใบยางพาราหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มตามเกณฑ์มาตรฐาน	34
3.8	โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม	35
3.9	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา	37
3.10	แพทโคเอฟฟิเซียนท์ระหว่าง NH_4OAc-K กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน	37
3.11	แพทโคเอฟฟิเซียนท์ระหว่าง HNO_3-K กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน	38
3.12	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับสมบัติทางเคมีบางประการ	39

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.13	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ความลึก 0 - 30 และ 30 - 60 ซม. กับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา	40
3.14	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา	40

รายการรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ตำแหน่งของใบยางพาราที่เก็บ	25
3.1	ความเข้มข้นของ Water-K, Exch-K และ NH_4OAc-K ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร	29
3.2	ความเข้มข้นของ Fixed-K และ HNO_3-K ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร	30
3.3	ความเข้มข้นของ Total-K ในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร	30
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับ HNO_3-K ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา	38

บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารา 18.76 ล้านไร่ กระจายตามภาคต่างๆ โดยเฉพาะภาคใต้ที่มีพื้นที่ปลูกถึง 11.91 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 63 ของพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งประเทศ (สถาบันวิจัยยาง, 2555) พื้นที่ดอนที่มี หน้าดินลึกเป็นพื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา แต่ช่วงระยะเวลาประมาณ 10 ปี (พ.ศ. 2545 – 2554) ที่ผ่านมา มีการปลูกยางพาราในพื้นที่ไม่เหมาะสมมากขึ้นหลังจากราคาน้ำยางพาราสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2545 น้ำยางพารามีราคาเพียง 26.86 บาท/กิโลกรัม ต่อมาในช่วงปี พ.ศ. 2546 - 2550 ราคาน้ำยางพาราเริ่มมีแนวโน้มสูงขึ้นเป็น 37.93, 43.72, 52.49, 68.08 และ 72.15 บาท/กิโลกรัม จนกระทั่งปี พ.ศ. 2551 น้ำยางพารามีราคา 79.87 บาท/กิโลกรัม แต่ในปี พ.ศ. 2552 เกิดปัญหาเศรษฐกิจโลก ประกอบกับเงินบาทประเทศไทยแข็งค่าขึ้น ส่งผลให้ราคาน้ำยางพาราลดลงเหลือ 59.46 บาท/กิโลกรัม เมื่อเศรษฐกิจโลกดีขึ้นความต้องการใช้ยางพาราเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ราคาน้ำยางพาราปรับตัวสูงขึ้นเป็น 106.22 และ 132.36 บาท/กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2553 และ 2554 ตามลำดับ (สถาบันวิจัยยาง, 2550; สถาบันวิจัยยาง, 2555)

จากราคายางพาราที่สูงขึ้นในเวลาดังกล่าวส่งผลให้เกษตรกรในหลายจังหวัด รวมทั้งในจังหวัดสงขลาปลูกยางพาราในที่ลุ่มโดยเฉพาะในพื้นที่นาร้างซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียดและเป็นพื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา โดยทั่วไปในดินเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al*., 2005) โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักของยางพารา มีหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ช่วยให้พืชและระบบรากแข็งแรง ควบคุมสมดุลน้ำในพืช และทำให้ผลผลิตน้ำยางพาราเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น (Joseph *et al*., 1998) นอกจากนั้น โพแทสเซียมยังช่วยเพิ่มขนาดเส้นรอบวงของลำต้นและทำให้หน้ายางที่กรีดแล้วสร้างเปลือกใหม่เร็วขึ้น (นุชนารถ, 2543) โพแทสเซียมในดินแบ่งออกเป็น 4 รูป คือ 1) โพแทสเซียมในสารละลายดิน 2) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 3) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง และ 4) โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ สำหรับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ โพแทสเซียมในสารละลายดินและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมทั้งสองรูปนี้มีเพียงร้อยละ 0.1 - 2 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ส่วนโพแทสเซียมที่ถูกตรึงซึ่งเป็นส่วนที่จะ

ค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชมีร้อยละ 1 - 10 และโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่มีสูงถึงร้อยละ 90 - 98 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Havlin *et al*., 2005) โพแทสเซียมรูป ต่าง ๆ ในดินมีความสัมพันธ์กัน โดยมีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่สกัดได้กับโพแทสเซียมในสารละลายดิน และโพแทสเซียมที่สกัดได้กับโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินอันดับอัลทิซอลส์และออกซิซอลส์ที่เก็บจากภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Darunsontaya *et al*., 2009)

โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินอยู่ในสภาวะสมดุลกัน เมื่อโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลงจากการดูดกินของรากพืชหรือถูกชะละลายและไม่ใส่ปุ๋ยชดเชยส่วนที่สูญเสียไป จะทำให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปอื่น ๆ ออกมาในสารละลายดิน เช่น โพแทสเซียมที่ถูกตรึงหรือโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่เพื่อรักษาสมดุล (Havlin *et al*., 2005; Brady and Weil, 2008) โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช มีรายงานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) ระหว่างโพแทสเซียมที่ถั่วเหลืองดูดนำไปใช้ส่วนเหนือดินกับโพแทสเซียมในสารละลายดิน (r = 0.93) กับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (r = 0.87) และกับโพแทสเซียมที่ถูกตรึง (r = 0.91) (Taiwo *et al*., 2010)

ดินเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช เมื่อปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ ส่งผลให้ดินค่อย ๆ มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลง โดยมีรายงานดังกล่าวในดินปลูกยางพารา (Chun-man *et al*., 2007) ดินปลูกหญ้ากินนีสีม่วง (ดารากร และคณะ, 2553) และดินปลูกถั่วพิตาชิโอ (Hosseinifard *et al*., 2010) อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรอง คือ โพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมทั้งหมดในดินซึ่งส่วนใหญ่เป็นโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่จะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น โพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินปลูกยางพารา (Karthikakuttyamma *et al*., 1998; Ulaganathan *et al*., 2012) ดินปลูกชูกาบีต (samadi, *et al*., 2008) ดินปลูกถั่วพิตาชิโอ (Hosseinifard *et al*., 2010) และดินปลูกข้าวโพด (Darunsontaya *et al*., 2012) แม้ว่าโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองจะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาให้กลายเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ แต่จะส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองมีปริมาณลดลง

ดังนั้น การทราบรูปของโพแทสเซียมในดินจะช่วยให้ทราบถึงโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และศักยภาพของดินที่จะเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมกับยางพารา เพราะรูปที่เป็นแหล่งสำรองในดินจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. การตรวจเอกสาร

2.1 ประวัติยางพารา

ยางพารามีถิ่นกำเนิดในป่าเขตร้อน ฝนตกชุก ในทวีปอเมริกาใต้แถบลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล ในสมัยก่อนชาวพื้นเมืองในอเมริกาใต้เรียกต้นไม้ชนิดนี้ว่า คาอุตชุค (Caoutchouc) ซึ่งแปลว่าต้นไม้ร้องไห้ ในปี พ.ศ. 2036 คริสโตเฟอร์ โคลัมบัสสำรวจทวีปอเมริกาครั้งที่ 2 พบชาวพื้นเมืองของเกาะไฮติกำลังเล่นลูกบอลยาง จึงเป็นครั้งแรกที่ชาวยุโรปรู้จักยางพารา จนกระทั่งหลายร้อยปีต่อมามีการนำยางพารามาใช้ประโยชน์มากขึ้นจนไม่พอกับความต้องการ ชาวยุโรปจึงนำยางพาราไปปลูกในแหล่งใหม่ ในปี พ.ศ. 2313 โจเซฟ พริสลี พบว่า ยางสามารถลบรอยดำของดินสอได้โดยที่กระดาษไม่เสียจึงเรียกยางว่า ยางลบหรือตัวลบ (rubber) จนในปี พ.ศ. 2419 เซอร์ เฮนรี วิคแฮม ชาวอังกฤษนำเมล็ดยางพาราจากประเทศบราซิลและเปรูไปปลูกที่ประเทศศรีลังกาและสิงคโปร์ หลังจากนั้น ในปี พ.ศ. 2420 จึงส่งต้นกล้าที่โตแล้วจากประเทศศรีลังกาไปปลูกที่สวนพฤกษชาติประเทศสิงคโปร์และรัฐเปรัคประเทศมาเลเซีย จนปี พ.ศ. 2442 พระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) นำยางพาราจากรัฐเปรัคมาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง และได้ขยายพื้นที่ปลูกอย่างต่อเนื่อง (องค์การสวนยาง, 2553) จนในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารา 18.76 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2555) และมีรายได้จากการส่งออกยางพาราในปีดังกล่าวสูงถึง 3.35 แสนล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

2.2 ปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา

พื้นที่ปลูกยางพาราที่เหมาะสมอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 10 องศาเหนือ และ 10 องศาใต้ ปัจจุบันแหล่งผลิตยางพาราที่สำคัญของโลก 3 อันดับแรก คือ ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศไทย และประเทศมาเลเซีย ตามลำดับ (สถาบันวิจัยยาง, 2555) ทั้งนี้เนื่องจากสภาพพื้นที่มีความเหมาะสม แต่ในการปลูกยางพาราให้ประสบความสำเร็จนั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น เนื้อดิน ปริมาณน้ำฝน พันธุ์ยาง และความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ดังนี้

2.2.1 ความลาดเทของพื้นที่ พื้นที่เหมาะสมควรมีความลาดเทน้อยกว่า 12 องศา (ปราโมทย์ และคณะ, 2527) พื้นที่มีความลาดเทสูงจะส่งผลให้ธาตุอาหารในดินสูญเสียโดยกระบวนการกร่อนได้ง่าย อย่างไรก็ตาม การปลูกยางพาราในพื้นที่ที่มีความลาดเทสูง พบว่ายางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ให้ผลผลิตต่ำ (ศุภมิตร และคณะ, 2541) มีรายงานว่า ความลาดเท ที่เพิ่มขึ้นทุก 5 องศา ส่งผลให้ขนาดเส้นรอบวงลำต้นลดลง 2 เซนติเมตร (ปราโมทย์ และคณะ, 2527)

2.2.2 ความลึกของดิน ยางพาราเป็นพืชที่มีรากแก้วหยั่งลึกในดินเพื่อพยุงลำต้น ดังนั้น ดินจึงควรลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร ไม่มีชั้นหินแข็ง ชั้นดินดาน ชั้นศิลาแลง หรือชั้นปูนจับเป็นแผ่นแข็งขัดขวางการเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารของราก มีรายงานว่า พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก และภาคเหนือมีดินตื้นกระจายอยู่ 6.1 ล้านไร่ (พิเชษฐ และคณะ, 2541) ดังนั้น เกษตรกรจึงมีโอกาสเสี่ยงต่อการปลูกยางพาราในพื้นที่ดังกล่าวหากไม่มีการสำรวจพื้นที่ก่อนปลูก

2.2.3 เนื้อดิน ดินปลูกยางพาราควรมีเนื้อดินเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนทราย หากดินมีอนุภาคทรายสูง จะส่งผลให้ต้นยางโค่นล้มได้ง่ายในฤดูฝน นอกจากนั้น ในฤดูแล้งอาจทำให้ดินขาดความชื้นได้

2.2.4 พีเอช ดินปลูกยางพาราควรมีพีเอชอยู่ในช่วง 4.0 - 5.5 (สุทัศน์, 2543) และ 4.5 - 5.0 สำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีด (สายใจ, 2554) โดยใกล้เคียงกับดินปลูกยางพาราในภาคใต้ส่วนใหญ่ที่มีพีเอชประมาณ 4.3 - 5.0 (นุชนารถ และคณะ, 2522) อย่างไรก็ตาม ยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้แม้ดินมีพีเอช 3.0 - 8.0 (Karthikakuttyamma *et al*, 2000) พีเอชไม่มีผลต่อยางพาราโดยตรง แต่มีผลต่อการควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ดินที่มีพีเอชสูงพืชอาจแสดงอาการขาดจุลธาตุรวมถึงฟอสฟอรัสเนื่องจาก ฟอสเฟตไอออนในดิน (PO_4^{2-}) จะตกตะกอนกับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) หรือแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ทำให้เป็นประโยชน์ลดลง ขณะเดียวกันหากดินมีพีเอชต่ำเหล็กและอะลูมินัมละลายออกมามากและตกตะกอนกับฟอสเฟตไอออนได้เช่นกัน ดังนั้น จึงอาจส่งผลให้พืชขาดธาตุฟอสฟอรัสได้

2.2.5 การระบายน้ำ ยางพาราชอบดินระบายน้ำดี ถึงค่อนข้างดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ดินมีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 เมตรจากผิวดิน มีรายงานว่า ต้นกล้ายางพาราที่ปลูกในสภาพน้ำท่วมขังมีการชะงักการเจริญเติบโตของรากและมีรากฝอยตายเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เจริญเติบโตต่ำกว่ากล้ายางพาราที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขัง (อิบรอเฮม และพิทยา, 2534) นอกจากนั้น จากการสำรวจพื้นที่สวนยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาเดิมของเกษตรกรโดยศูนย์วิจัยยางหนองคายที่อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู โดยก่อนปลูกไม่ได้ยกร่องระบายน้ำ ส่งผลให้เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนมีการท่วมขังของน้ำ พบว่า ต้นยางพาราอายุ 2 ปี มีอาการใบเหลือง แคระแกร็น (ชุมสินธุ์, 2553) เช่นเดียวกับที่มีรายงานการเจริญเติบโต และผลผลิตของยางพาราในพื้นที่นาร้างในอำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุงว่า ยางพารามีการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณรีดิวซ์ไทออล (reduced thiol) ในน้ำยางพารา เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง น้ำหนักสด เส้นรอบวงของลำต้น และความยาวรากต่ำกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอนในบริเวณเดียวกัน (ระวี และอิบรอเฮม, 2553)

2.2.6 ความสูงจากระดับน้ำทะเล พื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่เป็นที่ราบจนถึงพื้นที่สูง เช่น เนินเขาในภาคใต้ การปลูกยางพาราที่ระดับความสูงเพิ่มขึ้นทุก ๆ 100 เมตรจากระดับน้ำทะเล ส่งผลให้การเจริญเติบโตและระยะเวลาในการเปิดกรีดช้ากว่าปกติประมาณ 6 เดือน เนื่องจากความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 100 เมตร ส่งผลให้อุณหภูมิลดลงประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส โดยการลดลงของอุณหภูมิจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยางพารา (Dijkman, 1951 อ้างโดย ปราโมทย์ และคณะ, 2527)

2.2.7 ฝน ยางพาราเป็นพืชที่ชอบอากาศแบบร้อนชื้น มีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,200 มิลลิเมตร/ปี และมีวันฝนตกเฉลี่ย 121 วันต่อปี (สุทัศน์, 2543) มีรายงานถึงยางพาราอายุ 9 เดือนที่ได้รับน้ำเพิ่มเติมว่า ความสูงเพิ่มขึ้นจาก 162.4 เซนติเมตร เป็น 401.4 เซนติเมตร และขนาดของเส้นรอบวงจากพื้นดินที่ 15 เซนติเมตรเพิ่มจาก 5.14 เซนติเมตรเป็น 13.07 เซนติเมตร (สุภัทร์ และคณะ, 2551) นอกจากนั้น ในยางพาราอายุ 3 เดือนที่ขาดน้ำเป็นเวลา 17 วัน พบว่า มีการเจริญเติบโตต่ำกว่าให้น้ำ (กฤษดา และคณะ, 2551) ส่วนในยางพาราหลังเปิดกรีดหากอยู่ในสภาพแห้งแล้งติดต่อกันยาวนานจะส่งผลให้เปลือกชั้นนอกหนาเพิ่มขึ้นและจำนวนท่อน้ำยางที่สมบูรณ์ลดลง (พิศมัย, 2551)

2.2.8 อุณหภูมิและแสงแดด อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 24 - 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ลดลงทุกๆ 0.5 องศาเซลเซียสส่งผลให้ยางพาราเปิดกรีดได้ช้าลง 3 - 6 เดือน ส่วนแสงที่เพียงพออยู่ระหว่าง 1,800 - 2,800 ชั่วโมงต่อปี (ปราโมทย์ และคณะ, 2527)

2.3 การปลูกยางพาราในประเทศไทย

ยางพาราเป็นที่รู้จักในประเทศไทยเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2442 เมื่อพระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี นำมาปลูกครั้งแรกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง แล้วพบว่า ยางพาราเจริญเติบโตได้ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูก เป็น 109,000 ไร่ ในปี พ.ศ. 2447 - 2460 ต่อมาในปี พ.ศ. 2465 - 2471 ยางธรรมชาติมีราคาสูงขึ้นจึงได้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น 778,000 ไร่ และในปี พ.ศ. 2469 ประเทศไทยได้เริ่มส่งออกยางพาราเป็นสินค้าออก ต่อมาในปี พ.ศ. 2476 หลวงสุวรรณวาจกสิกิจได้เริ่มก่อตั้งสถานีทดลองกสิกรรมภาคใต้ ซึ่งต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็นสถานีการยางคอหงส์ ในปี พ.ศ. 2477 - 2484 ราคายางพาราสูงขึ้น จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น 1.82 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2493 - 2495 ราคายางพาราสูงขึ้นกว่าเดิม 3 เท่า จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกอีก 1.23 ล้านไร่ และหลังจากมีการจัดตั้งสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางในปี พ.ศ. 2504 ได้มีการส่งเสริมให้มีการปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้น จนในปี พ.ศ. 2506 - 2515 ได้เพิ่มพื้นที่ปลูกยางพาราอีก 0.83 ล้านไร่ จนในปีดังกล่าวประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 7.80 ล้านไร่ (ไชยา และคณะ, 2523) ต่อมาได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารา 14.33 ล้านไร่

ต่อมาในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารา 16.89 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 คิดเป็นร้อยละ 15.11 และในปัจจุบันปี พ.ศ. 2555 ทั่วทั้งประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพารา 18.76 ล้านไร่ กระจายอยู่ตามภาคต่าง ๆ โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด 11.91 ล้านไร่ รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3.80 ล้านไร่ ภาคตะวันออกรวมภาคกลาง 2.51 ล้านไร่ และภาคเหนือ 0.87 ล้านไร่ โดยมีจังหวัดที่ปลูกยางพาราทั้งหมดรวม 65 จังหวัด และจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด 3 อันดับแรก คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 1.92 ล้านไร่ จังหวัดสงขลา 1.57 ล้านไร่ และจังหวัดนครศรีธรรมราช 1.48 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2555)

2.4 ดินปลูกยางพาราในภาคใต้ของประเทศไทย

ภาคใต้ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 5 องศา ถึง 12 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 89 องศา ถึง 103 องศาตะวันออก ประกอบด้วย 14 จังหวัด มีพื้นที่ 44 ล้านไร่ (วุฒิชาติ, 2550) ภาคใต้มีลักษณะเป็นแผ่นดินยื่นลงไปในทะเลและมีเทือกเขาสูง 3 แนว คือ เทือกเขาตะนาวศรี เทือกเขานครศรีธรรมราช และเทือกเขาสันกาลาคีรี วางตัวเป็นแนวยาวเหนือ - ใต้ในตอนกลางของภาค ทำให้มีลักษณะภูมิประเทศเป็นชายฝั่งทะเลทางด้านตะวันตกและด้านตะวันออก นอกจากนั้นยังมีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเป็นเนินเขาและภูเขา ทำให้เกิดสภาพพื้นที่เป็นหาดทราย พื้นที่ราบน้ำทะเลท่วมถึงและเคยท่วมถึง พื้นที่พรุ พื้นที่ราบตะกอนลำน้ำ และตะพักลำน้ำ จากที่ตั้งส่งผลให้มีลมมรสุมพัดผ่าน 3 ลมมรสุม คือ 1) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดผ่านในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน 2) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดผ่านในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม และ 3) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ พัดผ่านในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ลมมรสุมทั้ง 3 ที่พัดผ่านจะพัดพาเอาไอน้ำและความชื้นจากมหาสมุทร หรือทะเลเข้าสู่แผ่นดิน จึงทำให้ภาคใต้มีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี ส่งผลให้กระบวนการกร่อนและกระบวนการชะละลายมีสูง ทำให้ดินมีพัฒนาการสูง ดินส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรด มีอินทรียวัตถุ แคตไอออนสภาพเบส และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (เอิบ, 2533)

มีการศึกษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในภาคใต้ ช่วงระดับความลึก 0 - 25 เซนติเมตร พบว่า ดินส่วนใหญ่เป็นดินกรด มีพีเอชอยู่ในช่วง 5.1 - 5.5 อินทรียวัตถุ 15 - 35 กรัม/กิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยกว่า 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่สกัดได้ 60 - 90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (นวลศรี และคณะ, 2543) โดยใกล้เคียงกับค่าที่มีรายงานสมบัติทางเคมีของดินบน (0 - 30 ซม.) ของดินปลูกยางพาราในภาคใต้ว่า มีพีเอช 4.3 - 5.0 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4 - 23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่สกัดได้ 0.50 - 0.87 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.06 - 2.08 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.03 - 0.44 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม (นุชนารถ และคณะ, 2522) เช่นเดียวกับการศึกษาความเหมาะสมและการจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกยางพารา

ในเขตภาคใต้ตอนล่าง พบว่า ดินส่วนใหญ่เป็นกลุ่มดินที่เป็นดินทราย มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ มีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (นุชนารถ และคณะ, 2541) โดยภาพรวมจึงสรุปได้ว่า ดินในภาคใต้มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2.5 การจำแนกชั้นความเหมาะสมของดินที่ใช้ปลูกยางพารา

ดินในภาคใต้มีทั้งหมด 96 ชุดดิน (วุฒิชาติ, 2550) แต่มีเพียง 43 ชุดดินที่จัดว่าเหมาะสมต่อการปลูกยางพารา (นุชนารถ และคณะ, 2541) จากการจัดลำดับชั้นเหมาะสมตามข้อจำกัดทางดิน เช่น ดินตื้น มีชั้นลูกรัง และปริมาณธาตุอาหารในดิน รวมถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารามาพิจารณา พบว่า สามารถแบ่งชุดดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพาราออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นชุดดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารามาก (R 1) ดินไม่มีข้อจำกัดที่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของยางพารา มี 5 ชุดดิน กลุ่มที่ 2 เป็นชุดดินที่เหมาะสมปานกลาง (R 2) ดินมีข้อจำกัดเล็กน้อยแต่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากนัก มี 23 ชุดดิน และกลุ่มที่ 3 เป็นชุดดินที่มีความเหมาะสมน้อย (R 3) ดินมีข้อจำกัดปานกลาง ต้องมีการดูแลจัดการดิน มี 15 ชุดดิน (ตารางที่ 1.1) (นุชนารถ และคณะ, 2541) นอกจากนั้น มีรายงานถึงชุดดินที่เหมาะสมในการปลูกยางพาราที่พบมากที่สุด 10 อันดับแรก คือ ชุดดินภูเก็ต รองลงมาคือ ชุดดินคอหงส์ รือเสาะ กระบี่ ชุมพร คลองท่อม ลำภูรา ท่าแซะ อ่าวลึก และชุดดินนาท่าม ตามลำดับ โดย 10 ชุดดินดังกล่าวมีพื้นที่ 3,267,767 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 57.4 ของชุดดินที่เหมาะสมในการปลูกยางพาราทั้งหมด (นุชนารถ, 2542)

ตารางที่ 1.1 ชุดดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพาราในภาคใต้ตามจำแนกชั้นความเหมาะสมต่อการปลูก (R)

ระดับความเหมาะสม		
มาก (R 1)	ปานกลาง (R 2)	น้อย (R 3)
1. กระบี่ (Kbi)	1. คลองเต็ง (Klt)	1. เขาขาด (Kht)
2. ตราด (Td)	2. คลองท่อม (Km)	2. คลองชาก (Kc)
3. นาท่าม (Ntm)	3. ควนกาหลง (Kkl)	3. คลองนกกระทุง (Knk)
4. ลำภูรา (Ll)	4. คอหงส์ (Kh)	4. โคกกลอย (Koi)
5. โอลำเจียก (Oc)	5. ฉลอง (Chl)	5. ตรัง (Thg)
	6. ชุมพร (Cp)	6. ทุ่งหว้า (Tg)
	7. ท่าแซะ (Te)	7. ปาดังเบซาร์ (Pad)
	8. ท้ายเหมือง (Tim)	8. ฝั่งแดง (Fd)
	9. นาทวี (Nat)	9. ภูเก็ต (Pk)
	10. นาทอน (Ntn)	10. ยี่งอ (Yg)
	11. บาเจาะ (Bc)	11. ระนอง (Rg)
	12. ปะทิว (Ptu)	12. สวี (Sw)
	13. ปากจั่น (Pac)	13. สะเดา (Sd)
	14. พะโต๊ะ (Pto)	14. หนองคล้า (Nok)
	15. พังงา (Pga)	15. ห้วยยอด (Ho)
	16. ยะลา (Ya)	
	17. รือเสาะ (Ro)	
	18. ละหาน (Lh)	
	19. ลำแก่น (Lam)	
	20. หลังสวน (Lan)	
	21. ห้วยโป่ง (Hp)	
	22. หาดใหญ่ (Hy)	
	23. อ่าวลึก (Ak)	

ที่มา: นุชนารถ และคณะ (2541)

ในปัจจุบันมีการปลูกยางพาราในพื้นที่ลุ่มหรือพื้นที่นาร้าง ซึ่งดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว มีรายงานโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดพัทลุง เมื่อปี พ.ศ. 2549 ว่า จังหวัดพัทลุงมีพื้นที่ปลูกยางพาราในพื้นที่นาเดิม 1.4 ล้านไร่ (ชุมสินธุ์, 2553) ปัญหาหลักของการปลูกยางพาราในที่ลุ่ม คือ การมีระดับน้ำใต้ดินตื้น ยางพาราเป็นพืชที่ชอบดินที่มีการระบายน้ำดีถึงค่อนข้างดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ดินที่ปลูกควรมีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 เมตร สำหรับยางพาราในระยะ 1 - 3 ปีของการปลูกในที่ลุ่ม ต้นยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้น ทำให้ต้นยางพาราได้รับความชื้นและสามารถดูดใช้ธาตุอาหาร ตลอดจนเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ แต่เมื่อต้นยางพาราโตขึ้น ระบบรากมีการพัฒนาและขยายหยั่งลงไปในดินได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระบบรากแช่ขังอยู่ในน้ำ ทำให้รากพืชขาดออกซิเจน ยางพาราจึงมีการเจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติ หรืออาจยืนต้นตาย โดยยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาดอนส่วนใหญ่จะยืนต้นตายเมื่ออายุไม่เกิน 7 - 10 ปี ส่วนยางพาราที่ปลูกในพื้นที่นาลุ่มจะยืนต้นตายเมื่ออายุ 2 - 5 ปี (ปราโมทย์ และคณะ, 2527; ชุมสินธุ์, 2553) นอกจากนั้น ยางพาราที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มมีโอกาสเกิดโรครากขาว และมีโอกาสรุนแรงของโรคสูงกว่ายางพาราที่ปลูกในดินที่มีการระบายน้ำดีประมาณร้อยละ 21 (ปราโมทย์ และสมเจตน์, 2530) ส่วนในต้นกล้ายางพาราที่ปลูกในสภาพน้ำท่วมขัง พบว่า รากมีการชะงักการเจริญเติบโตและมีรากฝอยตายเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เจริญเติบโตต่ำกว่ากล้ายางพาราที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขัง (อิบรอเฮม และพิทยา, 2534) นอกจากนั้น ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มพบปัญหาโรคราแป้ง อาการหน้ายางแห้ง รวมถึงเกษตรกรต้องใช้ต้นทุนในการจัดการดินสูงกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอน (หทัยกานต์ และคณะ, 2556)

มีรายงานถึงชุดดินที่มีการระบายน้ำเลวและเหมาะสมในการทำนา แต่กลับใช้ปลูกยางพาราในแหล่งปลูกยางเดิมภาคใต้ ว่ามีทั้งหมด 17 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินสายบุรี โคกเคียน ละงู น้ำกระจาย สุไหงปาดี พะยอมงาม ทรายขาว สงขลา สะท้อน สตูล วิสัย วังคง ย่านตาขาว ชลบุรี แกลง มะขาม และชุดดินผักกาด (ปราโมทย์ และสมเจตน์, 2530) ในกรณีของสวนยางพาราที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มต้องวางแผนระบบการระบายน้ำโดยอาจใช้การขุดให้ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1.2 เมตร (นุชนารถ, 2548) เพื่อระบายน้ำบริเวณรากพืช ก่อนต้นยางพาราจะได้รับความเสียหาย และควรปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์ หรือปุ๋ยหมัก เพื่อปรับโครงสร้างดินให้ร่วนซุย ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น แต่หากไม่สามารถจัดการปัญหาดังกล่าวได้ ก็อาจเลือกใช้พันธุ์ยางพาราที่สามารถปลูกได้ในดินที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้น หรือดินที่มีการระบายน้ำเลวแทน เช่น พันธุ์ GT 1, PR 255, PR 261, PB 255, PB 260 (ปราโมทย์ และสมเจตน์, 2530) และ BPM 24 (สถาบันวิจัยยาง, 2554) อย่างไรก็ตามพันธุ์ยางดังกล่าวยังไม่นิยมปลูกในภาคใต้ เนื่องจากเกษตรกรในภาคใต้นิยมปลูกพันธุ์ RRIM 600 และพันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 (สถาบันวิจัยยาง, 2549) เนื่องจากสามารถหาซื้อกล้า

ยางพาราได้ง่ายตามแหล่งเพาะพันธุ์ขายกล้ายางพารา นอกจากนั้น ยางพาราพันธุ์ดังกล่าว เป็นพันธุ์ยางชั้น 1 ที่ผ่านการทดลอง ทดสอบ และมีการแนะนำให้ปลูก

2.6 ความสำคัญของโพแทสเซียมกับยางพารา

พืชจะเจริญเติบโตได้ดีขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ พันธุ์ และธาตุอาหาร เป็นต้น ธาตุอาหารในดินที่มีปริมาณต่ำกว่าความต้องการของยางพารา จะเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ธาตุอาหารแต่ละชนิดมีหน้าที่จำเพาะเจาะจง ดังนั้น หากพืชขาดจะแสดงอาการผิดปกติออกมาตามบทบาทของธาตุนั้นๆ อย่างไรก็ตาม สามารถแก้ไขโดยใส่ธาตุดังกล่าวในรูปของปุ๋ย เช่น ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ปัจจุบันธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชมี 17 ธาตุ แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ 1) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 2) ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน และ 3) ธาตุอาหารเสริม ได้แก่ แมงกานีส สังกะสี เหล็ก ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม คลอรีน และนิเกิล ยางพาราเป็นพืชที่ต้องการโพแทสเซียมสูงเพื่อใช้เจริญเติบโตและการสร้างน้ำยางพารา ดังนั้น จึงต้องใส่ปุ๋ยโพแทชหากดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ

ยางพาราจะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทชที่ใส่ในดินอย่างเห็นได้ชัดเมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (นุชนารถ, 2550 ก) ในขณะดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดหากมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จัดว่าดินมีโพแทสเซียมในระดับต่ำ (สายใจ, 2554) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายซูโครส ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างน้ำยางพาราเข้าสู่ท่ออาหาร (phloem) โพแทสเซียมมีหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ (ยงยุทธ, 2552) ควบคุมสมดุลน้ำ (Joseph *et al*., 1998) เป็นตัวกระตุ้นเอมไซม์ไพรูเวตคีเนสที่ใช้ในการสร้างน้ำยางพารา (Jacob *et al*., 1989) เมื่อยางพาราได้รับโพแทสเซียมสูงขึ้นส่งผลให้ผลผลิตน้ำยางพารา (เวท และนุชนารถ, 2524; Watson, 1989 อ้างโดย Sethuraj, 1992; Joseph *et al*., 1998) ขนาดเส้นรอบวงลำต้น (The divition of agricultural chemistry, 1966 อ้างโดย เวท และนุชนารถ, 2524) โพแทสเซียมในใบ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) และโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ข) สูงขึ้น นอกจากนั้น ในยางพาราอ่อนที่ได้รับโพแทสเซียมอัตรา 66 กรัม/ต้น/ปี พบว่ายางพาราอ่อนมีความสูง เส้นรอบวงลำต้น จำนวนใบ ความยาวราก น้ำหนักแห้ง สูงกว่ายางพาราอ่อนที่ได้รับโพแทสเซียมอัตรา 33 กรัม/ต้น/ปี (อัตราแนะนำ) และไม่ได้รับปุ๋ย (Samarappuli *et al*., 1993) ตามลำดับ มีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยโพแทชระดับ 180 กรัม K_2O /ต้น/ปี จัดว่าเพียงพอ แม้เพิ่มระดับเป็น 240 หรือ 300 กรัม K_2O/ต้น/ปี พบว่า ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (นุชนารถ, 2550 ข) ดังนั้น ในปัจจุบันสถาบันวิจัยยาง (2555) ได้แนะนำสูตรปุ๋ยที่ใช้กับยางพาราในแหล่งปลูกยางเดิม สำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีดสูตร 20-8-20 โดยอัตรา

การใช้ขึ้นอยู่กับเนื้อดิน และอายุของยางพารา ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดแนะนำสูตร 29-5-18 อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น/ปี

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีภาวะปฏิปักษ์ (antagonistic effect) กับแมกนีเซียม เมื่อดินมีแมกนีเซียมที่สกัดได้สูง พืชจะดูดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้ลดลง โดยพบลักษณะดังกล่าวในยางพารา (นุชนารถ และคณะ, 2537; Yogaratnam and Mel, 1985; Iqbal and Yogaratnam, 1995) ปาล์มน้ำมัน (สุนีย์ และคณะ, 2540) และในไม้ผล เช่น มะพร้าว (Jeganathan, 1990) และลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2550) โดยทั่วไปโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มักมีเพียงพอต่อพืชที่ปลูกในดินเนื้อละเอียด แต่มักมีไม่เพียงพอในดินเนื้อหยาบหรือดินที่ทำการเกษตรอย่างยาวนานและไม่ใส่ปุ๋ยโพแทชเพิ่มเติม

ยางพาราเป็นพืชที่ต้องการโพแทสเซียมสูง โดยส่วนต่างๆ ของยางพาราได้แก่ ใบ ลำต้น ราก และน้ำยางพารา มีโพแทสเซียมอยู่ร้อยละ 0.89, 0.43, 0.52 และ 0.26 ตามลำดับ (สุนทรี และจินตณา, 2549) ในน้ำยางพารา 1 ตันมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ 25 กิโลกรัม (สถาบันวิจัยยาง, 2555) เมื่อมีการกรีดยางพาราจึงมีการสูญเสียโพแทสเซียมออกไปกับน้ำยางพารา ดังนั้น จึงต้องชดเชยโพแทสเซียมที่สูญเสียออกไปดังกล่าวโดยการใส่ปุ๋ยโพแทชในดินที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของยางพาราจะส่งผลให้ยางพาราขาดโพแทสเซียม โดยมีอาการใบเหลืองซีดทั้งใบเริ่มจากยอดและขอบใบ ปลายใบแก่แห้งหรือเป็นจุดสีน้ำตาล ใบอ่อนพบจุดประสีแดง หรือสีน้ำตาลระหว่างเส้นใบ หากรุนแรงจะเห็นสีเหลืองซีดทั่วทั้งต้น นอกจากนั้น ในใบที่เกิดใหม่จะมีขนาดเล็ก ผลผลิตน้ำยางพาราต่ำและการสร้างเปลือกใหม่ช้า (นุชนารถ และคณะ, 2547; Shorrocks, 1964)

2.7 รูปของโพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมในดินมีทั้งรูปที่เป็นประโยชน์และไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชทันที โดยสามารถแบ่งโพแทสเซียมในดินออกเป็น 3 ส่วน คือ

2.7.1 ส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไม่ได้ทันที (relative unavailable form) โพแทสเซียมรูปนี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที โพแทสเซียมส่วนนี้มีถึงร้อยละ 90 - 98 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน หรือประมาณ 5,000 - 25,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Havlin *et al*., 2005) โพแทสเซียมส่วนนี้อยู่ในรูปองค์ประกอบของแร่ ดังนั้น การสลายตัวของแร่ในการเกิดดินจึงเป็นกระบวนการให้โพแทสเซียม โดยแร่ปฐมภูมิที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น เฟลด์สปาร์ ($XAl_2Si_3O_8$; โดย X อาจเป็นธาตุ K, Na หรือ Ca) ไมกา ($XAl_2Si_3O_8$; โดย X อาจเป็น K, Fe หรือ Mg) แร่ในกลุ่มไมกาที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบมี 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นชนิดมัสโคไวต์ ประกอบด้วย มัสโคไวต์ ($K_2(Si_6Al_2)Al_4O_{20}(OH)_4$) กลอคอไนต์ ($(Na, K)(Fe, Al, Mg)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$) กลุ่มที่สองเป็นแร่ไบโอไทต์ ประกอบด้วย

ไพโลโกไพต์ ($KMg_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$) ไบโอไทต์ ($K(Mg, Fe)_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$) แอนไนต์ ($KFe_3(Si_3Al)O_{10}(OH, F)_2$ และลีพิโดไลต์ ($K(Li, Al)_3(Si,Al)_4O_{10}(F, OH)_2$) กลุ่มที่สามเป็นแร่ไฮโดรไมกา ประกอบด้วยไฮโดรไบโอไทต์ ($K(Mg, Fe)_3(Al, Fe)Si_3O_{10}(OH, F)_2.(Mg, Fe, Al)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2.4H_2O$) ส่วนแร่ทุติยภูมิเป็นแร่อิลไลต์ ($K, H_3O^+)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2, H_2O$) เป็นต้น (Sposito, 2008) หากต้องการทราบปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ ต้องทำการย่อยดินด้วยกรดผสมไนทริก (HNO_3) และไฮโดรฟลูออริก (HF) หลังจากนั้น นำสารละลายไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Helmke and Sparks, 1996) แล้วหักลบด้วยปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Samadi *et al*., 2008)

2.7.2 ส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้า ๆ (slowly available form) โพแทสเซียมในรูปนี้ถูกตรึงอยู่บริเวณระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียว (clay layer) ดังนั้น จึงอาจเรียกว่า โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (fixed K) โพแทสเซียมรูปนี้เป็นแหล่งสำรองโพแทสเซียมในดิน เมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่ถูกตรึงจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมา หากต้องการทราบปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกตรึง สามารถทำได้โดยการนำดินไปต้มด้วยกรดไนทริก (1 M HNO_3) แล้วนำสารละลายที่ได้วัดโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Helmke and Sparks, 1996) หลังจากนั้น นำปริมาณที่ได้มาหักลบกับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Samadi *et al*., 2008) ในดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 เช่น มอนต์มอริลโลไนต์ และเวอร์มิคิวไลต์ สามารถตรึงโพแทสเซียมได้สูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิด 1:1 เนื่องจากแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 มีพื้นที่ระหว่างผลึก (inter layer) สูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิด 1:1 โพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินทั่วไปมีประมาณ 164 - 1,981 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Bedrossian and Singh, 2004) หรือประมาณร้อยละ 1 - 10 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Havlin *et al*., 2005)

กลไกที่ทำให้เกิดการตรึงโพแทสเซียมในดิน คือ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้หรือโพแทสเซียมในสารละลายดินเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียว เมื่อช่องว่างระหว่างผลึกยุบตัวลง เนื่องจากการแห้ง - เปียกของดิน โพแทสเซียมจึงถูกกักอยู่บริเวณระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียวและกลายเป็นแหล่งสำรองโพแทสเซียมในดิน อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมที่ถูกตรึงจะค่อย ๆ ปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ (Benipal and Pasricha, 2002; Brady and Weil, 2008) มีรายงานว่า ดินที่มีอิลไลต์ (Darunsontaya *et al*., 2012) และสเมกไทต์ (Nilawonk *et al*., 2008) สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในดินได้ นอกจากนั้น ดินที่มีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงสูงสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมให้กลายเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ในดินในระยะยาวได้ดีกว่าดินที่มีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงต่ำ (Ghosh and Singh, 2001) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า โพแทสเซียมที่ถูกตรึงสามารถเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชในฤดูกาลปลูก (Havlin *et al*., 2005) ทั้งนี้กลไกการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ถูกตรึงให้กลายเป็นรูปที่เป็นประโยชน์เริ่มจากช่องว่างระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียวเปิดออก ทำให้เกิด

การแลกเปลี่ยนระหว่างแคตไอออนที่อยู่ในสารละลายดินและที่แลกเปลี่ยนได้ ส่งผลให้โพแทสเซียมที่ถูกตรึงถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ การเปิดอ้าของช่องว่างระหว่างผลึกแร่ดินเหนียวมีสาเหตุจากการที่ดินได้รับความชื้นและเกิดการแห้งสลับกัน ทำให้เกิดการพองตัวและหดตัวของแร่ดินเหนียว เมื่อเกิดขึ้นบ่อยครั้ง จึงส่งผลให้เกิดการหลวมตัวและเปิดอ้าออกของช่องว่างระหว่างผลึกแร่ดินเหนียวได้ในที่สุด

มีการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพา (alluvial soil) จำนวน 12 ตัวอย่าง จากพื้นที่ Indo-Gangetic จำนวน 3 บริเวณ คือ บริเวณ Submontaneous, Central plain และ Southwestern จากการวิเคราะห์สมบัติทางแร่ในดิน พบว่า ในดิน Submontaneous, Central plain และ Southwestern มีปริมาณแร่อิลไลต์ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในดินเท่ากับร้อยละ 60 - 70, 46 - 69 และ 4 - 11 ของแร่ดินเหนียวทั้งหมด ตามลำดับ จึงส่งผลให้ในดินทั้ง 3 มีปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากรูปที่ถูกตรึงแตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 277.8, 179.2 และ 524.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Benipal and Pasricha, 2002) นอกจากนั้น การบดหินไนส์ที่มีแร่ไมกาเป็นองค์ประกอบให้มีขนาด 1 - 2 มิลลิเมตร พบว่า ใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้ (Wang *et al*., 2000) เช่นกัน ดังนั้น แม้ในดินจะมีปริมาณโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ แต่โพแทสเซียมส่วนหนึ่งที่อยู่ในรูปอื่น ๆ เช่น โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ หรือโพแทสเซียมที่ถูกตรึงก็จะถูกปลดปล่อยออกมาสู่ดินให้พืชดูดไปใช้ได้ ดังนั้น ดินที่มีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองสูงจึงมีศักยภาพเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมในดินได้ดีกว่าดินที่มีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองต่ำ

2.7.3 ส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันที (readily available form) หรือโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โพแทสเซียมในส่วนนี้ประกอบด้วยโพแทสเซียมในสารละลายดิน และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินทั่วไปมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณร้อยละ 1 - 2 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Havlin *et al*., 2005) มีรายงานโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ดอนของภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย เช่น ภาคกลางมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 22 - 441 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 40 - 302 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และภาคใต้ 91 - 361 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Phetchawee *et al*., 1985) และมีรายงานโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินอันดับอัลทิซอลส์และออกซิซอลส์ซึ่งเป็นอันดับดินที่พบมากในประเทศไทย ว่ามีโพแทสเซียมในสารละลายดินเฉลี่ย 0.12 และ 0.08 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.05 และ 0.16 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่ถูกตรึง 0.12 และ 0.08 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 9.60 และ 7.70 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ในดินอันดับอัลทิซอลส์และออกซิซอลส์ ตามลำดับ โดยโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอันดับอัลทิซอลส์และออกซิซอลส์ มีร้อยละ 0.52 และ 2.12 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Darunsontaya *et al*., 2009) ตามลำดับ

การปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง เนื่องจากการดูดกินของพืช โดยลักษณะดังกล่าวพบในดินปลูกยางพารา (Chun-man *et al*., 2007) ดินปลูกหญ้ากินนีสีม่วง (ดารากร และคณะ, 2553) และดินปลูกถั่วพิตาชิโอ (Hosseinifard *et al*., 2010) อย่างไรก็ตาม สามารถเพิ่มโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้โดยการใส่ปุ๋ยโพแทช

โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน มีความสัมพันธ์กัน โดยมีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในสารละลายดินกับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอันดับอัลทิซอลส์ (r = 0.78) และออกซิซอลส์ (r = 0.81) ในประเทศไทย (Darunsontaya *et al*., 2009) เช่นเดียวกับดินในที่ลุ่มอันดับเวอร์ทิซอลส์ ที่พบความสัมพันธ์ระหว่าง โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยแอมโมเนียมอะซิเทรต (โพแทสเซียมในสารละลายดิน + โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) กับโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนทริก (r = 0.42) และกับโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (r = 0.46) (Ngwe *et al*., 2012)

2.8 อันตรกิริยาระหว่างโพแทสเซียมกับแคลเซียมและแมกนีเซียม

โพแทสเซียมมีภาวะปฏิปักษ์ (antagonistic effect) กับแคลเซียม และแมกนีเซียมในแง่การดูดและการเคลื่อนย้ายภายในพืช โดยภาวะปฏิปักษ์ระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมีผลเชิงลบต่อกัน นั่นคือ เมื่อเพิ่มอัตราธาตุใดธาตุหนึ่งจะส่งผลให้มีการสะสมอีกธาตุในส่วนเหนือดินลดลง มีการทดลองใส่ปุ๋ยโพแทชและแมกนีเซียมอัตราต่างๆ ในดินปลูกยางพารา พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทชสูงขึ้น ยางพาราดูดใช้แมกนีเซียมได้ลดลง (นุชนารถ และคณะ, 2537; สุนทรีย์ และจินตนา, 2549) สอดคล้องกับในปาล์มน้ำมัน ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทชเพิ่มขึ้นทำให้โพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้นแต่แมกนีเซียมในใบลดลง (สุนีย์ และคณะ, 2540) นอกจากนั้น ยังพบลักษณะดังกล่าวในไม้ผล เช่น ในเนื้อและเปลือกมะม่วง (นุจรี และคณะ, 2554) รวมถึงในใบลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2550) เช่นกัน

มีรายงานสัดส่วนของโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินปลูกพืชยืนต้นว่า ควรมีสัดส่วนน้อยกว่า 5 : 1 สำหรับพืชผักควรอยู่ที่ 3 : 1 และในไม้ผลควรอยู่ที่ 2 : 1 (Havlin *et al*., 2005) ในขณะที่ดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดพบสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมที่เหมาะสมเท่ากับ 2.0 - 6.0 และสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแคลเซียมที่เหมาะสมเท่ากับ 0.4 - 1.4 (สายใจ, 2554) ดังนั้น การใช้ปุ๋ยโดยไม่พิจารณาสมดุลของธาตุอาหารจึงอาจทำให้พืชดูดใช้โพแทสเซียม แคลเซียม หรือแมกนีเซียมได้ลดลง ถึงแม้ว่า ในดินมีธาตุนั้นเพียงพอก็ตาม

2.9 การประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน

การประเมินความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน เป็นการหาปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดินไม่สามารถใช้เป็นค่าบ่งชี้สถานะของระดับความเพียงพอต่อความต้องการของพืชได้ เนื่องจากมีอยู่ในดินจริงแต่ขณะนั้นพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินจะใช้สารสกัดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินออกมา โดยน้ำยาสกัดมีหลายชนิด เช่น Ammonium acetate (1 M NH_4OAc pH 7) Mehlich No.1 (0.05 M HCl + 0.0125 M H_2SO_4), Mehlich No. 3 (0.2 N CH_3COOH + 0.015 N NH_4F + 0.25 N NH_4NO_3 + 0.013 N HNO_3 + 0.001 M EDTA), Morgan (0.7 N $NaC_2H_3O_3$ + 0.54 N CH_3COOH pH 4.8), Amonium Bicaronate-DTPA (1 M NH_4HCO_3 + 0.005 M DTPA) Water และ Calcium chloride (0.01 M $CaCl_2$) (Jones, 2001) โดยน้ำยาสกัดแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับดินที่มีสมบัติแตกต่างกัน สำหรับในประเทศไทยนิยมใช้การสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเทรต (ammonium acetate) (คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี, 2536; สมศักดิ์, 2537; สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547; จำเป็น, 2547; จงรักษ์, 2550; พัชรี, 2552) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย และสะดวก นอกจากนั้น โพแทสเซียมที่สกัดได้มีความสัมพันธ์กับปริมาณโพแทสเซียมที่พืชดูดนำไปใช้ (r = 0.94) (สุรเชษฏ์, 2550) หลังจากนั้น นำสารละลายที่ได้วัดโพแทสเซียมโดยใช้เครื่อง Flame Photometer หรือ Atomic Absorption Spectrophotometer อย่างไรก็ตาม หากต้องการทราบปริมาณโพแทสเซียมในรูปอื่นๆ เช่น โพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมที่ถูกตรึง หรือโพแทสเซียมทั้งหมดในดินก็สามารถทำได้ตามวิธีการที่ได้อธิบายไว้โดย Helmke และ Sparks (1996)

2.10 องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางพารา

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางพารา เป็นการตรวจสอบสุขภาพของต้นยางพารา โดยมีลักษณะคล้ายกับการตรวจเลือดเพื่อชี้วัดสุขภาพของมนุษย์ สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid content : TSC) ซูโครส (sucrose : Suc) อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic phosphorus : Pi) และไทออล (thiol : RSH) พารามิเตอร์เหล่านี้สามารถใช้อธิบายกระบวนการสร้างน้ำยางพารา ใช้ประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิตของยางพารา และใช้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นยางพาราสำหรับใช้ระบบกรีดที่เหมาะสม (พเยาว์ และคณะ, 2546) นอกจากนั้น เซรัมน้ำยางพารายังใช้วิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำยางพาราได้ (วารุณี และจำเป็น, 2556) มีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยให้แก่ยางพาราทำให้โพแทสเซียมในน้ำยางพารา (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ข; Waston, 1989) และในใบยางพารา (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก; Yogaratnam and Weerasuriya, 1984; Yogaratnam and Mel,

1985) เพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ถึงการนำเซรัมน้ำยางพารามาใช้ในการตรวจสอบสถานะธาตุอาหารในยางพาร่วมกับการวิเคราะห์ดินและใบ

2.11 ปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และดินโดยทั่วไปมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช แม้ในดินจะมีโพแทสเซียมทั้งหมดสูง แต่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์กับพืชมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้น ทั้งนี้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง ดังนี้

2.11.1 ชนิดของแร่ดินเหนียว แร่ดินเหนียวในดินที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ แร่ดินเหนียวชนิด 1:1 และแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 แร่ดินเหนียวชนิด 1:1 เกิดจาก Silicon tetrahedral sheet และ Aluminum octahedral sheet อย่างละหนึ่งแผ่น เชื่อมยึดด้วยพันธะของออกซิเจนที่ใช้ร่วมกัน และแต่ละชั้น (layer) ยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้ไม่มีการยึด หด และขยายตัว แร่ดินเหนียวชนิด 1:1 ที่พบมาก ได้แก่ เคโอลิไนต์ ส่วนแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 ซึ่งมี Silicon tetrahedral sheet 2 แผ่นประกบกับ Aluminum octahedral sheet 1 แผ่น แต่ละชั้นยึดกันด้วยพันธะ O-O lingkage ซึ่งเป็นพันธะที่อ่อน ส่งผลให้แร่ดินเหนียวชนิดนี้มีทั้งที่ยืดหดตัวได้ และยืดหดตัวไม่ได้ โดยที่ยืดหดตัวได้ คือ เวอร์มิคิวไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ ส่วนชนิดที่ยืดหดตัวไม่ได้ คือ อิลไลต์ ในแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 มีพื้นที่ระหว่างผลึกสูงกว่าชนิด 1:1 โดยขนาดช่องว่างระหว่างผลึกของสเมกไทต์ เวอร์มิคิวไลต์ และเคโอลิไนต์มีขนาด 1.0 - 2.0, 1.0 - 1.5 และ 0.72 นาโนเมตร ตามลำดับ (Brady and Weil, 2008) เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทชลงในดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 ส่งผลให้โพแทสเซียมส่วนหนึ่งถูกตรึงไว้ ทำให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่เติมลงไปลดลงมากกว่าในแร่ดินเหนียวชนิด 1:1 ที่มีการเติมโพแทสเซียมลงไปเท่ากัน (สาริศา, 2552) อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมที่ถูกตรึงไว้จะค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์แก่พืช ดังนั้น ดินที่มีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงสูงจึงเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมได้ดีกว่าดินที่มีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงต่ำ (Ghosh and Singh, 2001)

2.11.2 ระดับโพแทสเซียมในดิน ดินที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ พืชจะดูดโพแทสเซียมจากดินได้น้อย ดังนั้น จึงต้องใส่ปุ๋ยโพแทชเพื่อเพิ่มระดับของโพแทสเซียม เมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น พืชสามารถดูดใช้โพแทสเซียมได้มากขึ้น มีงานทดลองใส่ปุ๋ยโพแทชอัตราต่างๆ ในดินปลูกปาล์มน้ำมัน แล้วเก็บใบมาวิเคราะห์ พบว่า โพแทสเซียมในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยโพแทชที่ใส่ (สุนีย์ และคณะ, 2540) สอดคล้องกับดินปลูกฝ้าย เมื่อดินมีโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น พบว่า ผลผลิตฝ้ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Olk and Cassman ,1993) นอกจากนั้น ต้นยางพาราที่ได้รับปุ๋ยผสมที่ไม่มีโพแทสเซียม พบว่า มีเส้นรอบวงลำต้นเล็กกว่า

ต้นที่ได้รับปุ๋ยผสมที่มีโพแทสเซียม (The divition of agricultural chemistry, 1966 อ้างโดย เวท และนุชนารถ, 2524) นอกจากนั้น การใส่ปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดิน (นุชนารถ และคณะ, 2551) และค่าทดสอบดินจะช่วยยกระดับโพแทสเซียมในดิน ทำให้ยางพาราดูดใช้โพแทสเซียมได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ใบยางพารามีโพแทสเซียมในใบสูงขึ้น (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก)

2.11.3 การระบายอากาศในดิน ออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการหายใจของรากพืช ในสภาพน้ำขังหรือมีความชื้นสูงจนไม่มีช่องว่างที่จะให้อากาศอยู่ พืชไม่สามารถดูดเอาโพแทสเซียมและธาตุอาหารอื่น ๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ แม้ว่า ดินมีธาตุนั้นเพียงพอ มีรายงานว่า ต้นกล้ายางพารา (อิบรอเฮม และพิทยา, 2534) และยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้นมีการเจริญเติบโตต่ำกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอน (ระวี และอิบรอเฮม, 2553)

2.11.4 การเปียกและแห้งของดิน การทำให้ดินเปียกเปลี่ยนเป็นดินแห้ง ทำให้มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ทั้งนี้อยู่ขึ้นกับดินอยู่ในสภาพที่ปลดปล่อยหรือตรึงโพแทสเซียม เช่น กรณีดินกำลังปลดปล่อยโพแทสเซียม การทำให้ดินเปียกเปลี่ยนเป็นดินแห้งจะทำให้เกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมและทำให้มีโพแทสเซียมในสารละลายดินเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากดินกำลังตรึงโพแทสเซียมและมีการใส่ปุ๋ยโพแทชในดิน จะทำให้โพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ลดลง โดยการทำให้ดินแห้งหลังการใส่ปุ๋ยโพแทชจะมีผลให้การตรึงโพแทสเซียมมีมากกว่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมให้แก่ดิน (เกษมศรี, 2542) นอกจากนั้น การทำให้ดินเปียกและแห้งสลับกันยังเป็นการช่วยเร่งให้มีการปลดปล่อย หรือตรึงโพแทสเซียมได้เร็วขึ้น

2.11.5 แมกนีเซียม แมกนีเซียมเป็นธาตุที่เป็นภาวะปฏิปักษ์กับโพแทสเซียม กล่าวคือ เมื่อในสารละลายดินมีปริมาณแมกนีเซียมอยู่สูง จะส่งผลให้พืชดูดใช้โพแทสเซียมในดินได้น้อยลง เนื่องจากการแข่งขันในการถูกดึงดูดเข้าสู่รากพืช (ยงยุทธ, 2552) มีรายงานถึงภาวะปฏิปักษ์ของธาตุทั้งสองทั้งในพืชยืนต้น เช่น ยางพารา (นุชนารถ, 2537; สุนทรีย์ และจินตนา, 2549; Iqbal and Yogaratnam, 1995) มะพร้าว (Jeganathan, 1990) และปาล์มน้ำมัน (สุนีย์ และคณะ, 2540) นอกจากนั้น ในไม้ผล เช่น ลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2550) ก็พบลักษณะดังกล่าวเช่นกัน

2.12 การได้รับและสูญเสียโพแทสเซียมออกจากดิน

ดินที่มีพืชพรรณปกคลุม วัฏจักรของธาตุอาหารจะมีการหมุนเวียนกลับมาสู่ดิน เมื่อพืชดูดกินธาตุอาหารไปจากดิน ธาตุอาหารเหล่านั้นจะสะสมตามชีวมวลต่างๆ เมื่อมีการร่วงหล่นสู่ดินและมีการย่อยสลายผุพังชีวมวลเหล่านั้นก็จะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารกลับสู่ดินอีกครั้งหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ปริมาณเหล่านี้ที่ได้รับยังไม่เพียงพอ ดังนั้น จึงต้องใส่ปุ๋ยโพแทชเพื่อรักษาระดับโพแทสเซียมในดิน โดยปัจจัยที่ทำให้โพแทสเซียมในดินลดลง มีดังนี้

2.12.1 สูญเสียโดยพืชนำไปใช้และติดไปกับผลผลิต พืชต้องการโพแทสเซียมเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต โดยดินปลูกยางพารามีการสูญเสียโพแทสเซียมที่ติดไปกับผลผลิตน้ำยางพารา 1 ตัน ถึง 25 กิโลกรัม (สถาบันวิจัยยาง, 2550) เมื่อยางพาราดูดโพแทสเซียมเข้าไปใช้จึงมีการสะสมโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ เช่น ใบ ลำต้น และราก โดยมีโพแทสเซียมในส่วนดังกล่าวร้อยละ 0.89, 0.43 และ 0.52 ตามลำดับ (สุนทรี และจินตนา, 2549) เมื่อส่วนต่าง ๆ ของต้นยางพารามีการร่วงหล่นและย่อยสลายจึงเป็นแหล่งให้โพแทสเซียม รวมถึงธาตุอื่นๆ ให้แก่ดิน ดังนั้น การนำผลผลิต หรือชีวมวลต่าง ๆ ออกไปจากแปลงก็เปรียบเสมือนการนำธาตุอาหารออกไปจากดิน

2.12.2 สูญเสียโดยการชะละลาย (leaching) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่สูญเสียโดยการชะละลายไปกับน้ำที่ซึมลงสู่ดินชั้นล่างได้ง่าย โดยเฉพาะในดินเนื้อหยาบที่มีการดูดซับโพแทสเซียมได้ต่ำ ดังนั้น โพแทสเซียมจึงถูกชะละลายให้สูญหายและเร็วกว่าดินที่มีเนื้อละเอียด การใส่ปุ๋ยโพแทชในดินเนื้อหยาบควรใส่ในปริมาณน้อย แต่บ่อยครั้ง และควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วยเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับแคตไอออน รวมถึงโพแทสเซียมในดินได้มากขึ้น

2.12.3 สูญเสียโดยกระบวนการกร่อนของดิน (soil erosion) น้ำที่ไหลบ่าตามผิวหน้าดินจะพัดพาอนุภาคดิน และธาตุอาหารออกไปจากหน้าตัดดิน จึงทำให้เกิดการสูญเสียโพแทสเซียมรวมถึงธาตุอื่น ๆ ในดิน มีรายงานการกร่อนและการพังทลายของดินในภาคใต้ว่ามีการสูญเสียผิวหน้าดินถึง 0 - 50 ตัน/ไร่/ปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543) นอกจากนั้น ในพื้นที่ที่ไม่มีพืชปกคลุมผิวหน้าดิน พบว่า มีการสูญเสียโพแทสเซียมโดยการกร่อนของดินถึง 47 กิโลกรัมโพแทสเซียม/ไร่ (ประภาศรี และคณะ, 2549)

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 ศึกษาสถานะโพแทสเซียมรูปต่างๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

3.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางของยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

4.1 ทราบสถานะของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินปลูกยางพารา

4.2 ทราบความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมในดินกับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา

4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยโพแทชในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุและสารเคมี

1.1 กรดซัลฟิวริก (sulphuric acid : H_2SO_4)

1.2 กรดไนทริก (nitric acid: HNO_3)

1.3 กรดบอริก (boric acid : H_3BO_3)

1.4 กรดเพอร์คลอริก (perchloric acid : $HClO_4$)

1.5 กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid : $C_6H_8O_6$)

1.6 กรดไฮโดรฟลูออริก (hydro fluoric : HF)

1.7 โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride : NaCl)

1.8 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide : NaOH)

1.9 ไตรครอโรอะซิติกแอซิด (trichloroacetic acid; TCA : CCl_3COOH)

1.10 ไดโซเดียมเอทีลีนไดเอมีนเตตระแอซิเตด (disodium ethylenediaminetetraacetate : Na_2EDTA)

1.11 น้ำยาสกัดเบรย์ทู (Bray ll reagent : 0.10 M HCl + 0.03 M NH_4F)

1.12 โพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dicromate : $K_2Cr_2O_7$)

1.13 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate : KH_2PO_4)

1.14 เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซาไฮเดรต (ferrous ammonium sulfate hexahydrate : $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2{\cdot}6H_2O$)

1.15 ทริสไฮดรอกซีเมททิลอะมิโนมีเทน (tris hydroxymethyl aminomethane: $C_4H_{11}NO_3$)

1.16 สารผสมเร่งปฏิกิริยา (K_2SO_4 : $CuSO_4$: Se = 100 : 10 : 1 w/w)

1.17 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (standard potassium 1,000 mg/L)

1.18 สารละลายมาตรฐานแคลเซียม (standard calcium 1,000 mg/L)

1.19 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (standard phosphorus 1,000 mg/L)

1.20 อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator : 0.066 % w/v + 0.099 % w/v ใน 95 % w/w ethanol)

1.21 แอมโมเนียมอะซีเทต (ammonium acetate : NH_4OAc)

2. อุปกรณ์

2.1 เตาให้ความร้อน (hot plate) ยี่ห้อ Bioson รุ่น TDB-400
2.2 เครื่องกลั่นไนโตรเจน (nitrogen distillation apparatus) ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น VAP 2
2.3 เครื่องชั่งความละเอียด 0.0001 กรัม ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น AL 204
2.4 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Mettler รุ่น Delta 345
2.5 เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า (EC meter) ยี่ห้อ Suntex รุ่น SC-2300
2.6 เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ (visible spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น Genesy 20
2.7 เครื่องอะตอมมิกแอบซอบชันสเปกโทโฟโทมิเตอร์ (atomic absorption spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น ICE 3500
2.8 เทปลอนบีเกอร์ (teflon breaker)
2.9 เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์สำหรับเตรียมสารเคมีวิเคราะห์ดินและพืช
2.10 กระดาษกรองวัตแมน เบอร์ 1, 5 และ 50
2.11 เครื่องมือสำหรับเก็บตัวอย่างดินและพืช

3. วิธีการทดลอง

ศึกษาสถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราจากแปลงยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม โดยมีทั้งระยะก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด ทำการเก็บดินเพื่อวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ รวมถึงเก็บตัวอย่างใบและเซรัมน้ำยางพาราเพื่อวิเคราะห์โพแทสเซียม หลังจากนั้น นำข้อมูลมาประมาณค่าแบบช่วง และเปรียบเทียบโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในแปลงปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตลอดจนหาความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา ตามวิธีการดังนี้

3.1 สถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

เลือกสวนยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในอำเภอคลองหอยโข่ง อำเภอนาทวี และอำเภอรัตภูมิ ในจังหวัดสงขลา ที่ปลูกในที่ดอนซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดินและน้ำไม่ท่วมขัง และแปลงยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่ม (พื้นที่นาร้าง) ซึ่งช่วงหนึ่งของรอบปีมีระดับน้ำใต้ดินอยู่เหนือผิวดิน โดยมีแปลงในระยะก่อนเปิดกรีด (อายุ 4 - 5 ปี) และหลังเปิดกรีด (อายุ 8 - 9 ปี) อำเภอละ 30 แปลง รวมทั้งหมดใช้แปลงในการศึกษา 90 แปลง

3.1.1 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน เก็บดินโดยใช้สว่านเจาะดิน โดยวิธีสุ่มเลือกและทิศทางการสุ่มแบบ X-shaped เก็บดินแปลงละ 9 จุด ที่ความลึก 0 - 30 และ 30 - 60 เซนติเมตรจากผิวดิน (Karthikakuttyama *et al*., 2000) เอาดินในช่วงความลึกที่ต้องการ (0 - 30 หรือ 30 - 60 เซนติเมตร) ใส่ในถัง เก็บจนครบ 9 จุด แล้วคลุกดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งดินมา 1 กิโลกรัม นำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้น ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร (10 เมช) เก็บดินที่ได้ไว้ในกระป๋องพลาสติกที่สะอาด สำหรับวิเคราะห์โพแทสเซียมในดินทั้ง 4 รูป คือ โพแทสเซียมในสารละลายดิน (Water-K) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-K) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Fixed-K) และโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Total-K) รวมถึงสมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ ร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้งและดินเหนียว พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่สกัดได้ ไนโตรเจนทั้งหมด และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ตามวิธีการดังนี้

3.1.1.1 โพแทสเซียมในสารละลายดิน (Water-K) ชั่งดิน 8.00 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำที่ปราศจากไอออน 40 มิลลิลิตร (ดิน : น้ำ = 1 : 5) เขย่า 5 นาที วางทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง กรองส่วนใสผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5 นำสารละลายที่ได้วิเคราะห์โพแทสเซียมในสารละลายดินด้วยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (atomic emission spectrophotometry) (Samadi *et al*., 2008) เทียบกับค่าความเข้มของแสงที่เครื่องอ่านได้ของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน

3.1.1.2 โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยแอมโมเนียมอะซิเทต (NH_4OAc-K) ชั่งดิน 5.00 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมแอมโมเนียมอะซิเทต (1 M NH_4OAc pH 7) 25 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที กรองส่วนใสผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5 นำสารละลายที่ได้วิเคราะห์โพแทสเซียมด้วยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (จำเป็น, 2547) เทียบกับค่าความเข้มของแสงที่เครื่องอ่านได้ของสารละลายมาตรฐานของโพแทสเซียม 0, 10, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ปรับปริมาตรด้วยแอมโมเนียอะซิเทรต โดยค่าที่วิเคราะห์ได้เป็นผลรวมของ Water-K กับ Exch-K

3.1.1.3 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-K) ได้จาก NH_4OAc-K ลบด้วย Water-K (Samadi *et al*., 2008)

3.1.1.4 โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนทริก (HNO_3-K) ชั่งดิน 2.50 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมกรดไนทริก (1 M HNO_3) 25 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 113 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที เพื่อให้กรดไนทริกทำลายโครงสร้างของแร่และทำให้โพแทสเซียมที่ถูกตรึงออกมาในสารละลาย หลังจากนั้น วางให้เย็น

แล้วกรองผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 50 ใส่ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนเป็น 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้วิเคราะห์โพแทสเซียมด้วยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (Helmke and Sparks, 1996) เทียบกับค่าความเข้มของแสงที่เครื่องอ่านได้ของสารละลายมาตรฐานของโพแทสเซียม 0, 10, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร ที่มีกรดไนทริกเข้มข้น (5 % v/v) โดยค่าที่วิเคราะห์ได้เป็นผลรวมของ NH_4OAc-K กับ Fixed-K

3.1.1.5 โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Fixed-K) ได้จาก HNO_3-K ลบด้วย NH_4OAc-K (Samadi *et al*., 2008)

3.1.1.6 โพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Total-K) ชั่งดิน 0.50 กรัม ในเทปลอนบีเกอร์ (teflon breaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมกรดเข้มข้นผสมระหว่างกรดไนทริก (HNO_3) กับไฮโดรคลอริก (HCl) อัตราส่วน 1:3 (v/v) จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ลงไป 10 มิลลิลิตร นำไปต้มให้ความร้อนที่ 110 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อให้กรดไฮโดรฟลูออริกทำลายโครงสร้างของแร่ซิลิเกตโดยฟลูออไรด์ไอออน (F^-) ทำปฏิกิริยากับซิลิกอนไอออน (Si^{4+}) เกิดเป็นซิลิกอนเตตระฟลูออไรด์ (SiF_4) และระเหยเมื่อได้รับความร้อน หลังจากนั้น วางให้เย็นแล้วใช้น้ำที่ปราศจากไอออนชะของเหลวในเทปลอนบีเกอร์ลงในขวดปรับปริมาตรพลาสติก (plastic volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีกรดบอริก 2.80 กรัม เพื่อเปลี่ยนฟลูออไรด์ไอออนที่เหลือให้อยู่ในรูปกรดฟลูออโรบอริก (fluoroboric acid; HBF_4) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนเป็น 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้น นำสารละลายที่ได้วิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (ถวิล, 2530; Helmke and Sparks, 1996) เทียบกับค่าความเข้มของแสงที่เครื่องอ่านได้ของสารละลายโพแทสเซียม 0, 10, 20, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร ที่มีกรดบอริก (2.8 % w/v) และกรดไฮโดรฟลูออริก (2 % v/v)

3.1.1.7 พีเอช ชั่งดิน 8.00 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำที่ปราศจากไอออน 40 มิลลิลิตร (ใช้ดิน : น้ำ อัตราส่วน 1 : 5) เขย่า แล้ววัดด้วย pH meter (จำเป็น, 2547)

3.1.1.8 ค่าการนำไฟฟ้า ชั่งดิน 8.00 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำที่ปราศจากไอออน 40 มิลลิลิตร (ใช้ดิน : น้ำ อัตราส่วน 1 : 5) เขย่า แล้ววัดด้วย Conductivity meter (จำเป็น, 2547)

3.1.1.9 อินทรียวัตถุ โดยวิธี Walkley and Black ด้วยการ oxidized อินทรีย์คาร์บอนด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) แล้ววิเคราะห์ไดโครเมตไอออน ($Cr_2O^{2-}_7$) ที่เหลือจากการ oxidized ด้วยการไทเทรตกับสารละลาย Fe^{2+} หลังจากนั้น คำนวณอินทรีย์คาร์บอนไปเป็นอินทรียวัตถุ โดยอาศัยหลักการว่า อินทรียวัตถุมีอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 58 (จำเป็น, 2547)

3.1.1.10 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน โดยใช้แอมโมเนียมอะซิเทต (1 M NH_4OAc pH 7) ไล่ที่แคตไอออนที่ดินดูดซับไว้ ล้างแอมโมเนียมส่วนเกินออกด้วยเอธานอล แล้วไล่ที่แอมโมเนียมที่ดินดูดซับไว้โดยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) นำสารละลายไปเติมด่างเพื่อให้แอมโมเนียมเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย หลังจากนั้น กลั่นแอมโมเนียโดยมีสารละลายกรดบอริก (HBO_3) เป็นตัวจับแก๊สแอมโมเนีย แล้วไทเทรตหาแอมโมเนียที่ถูกจับในกรดบอริกด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน (จำเป็น, 2547)

3.1.1.11 ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl ชั่งดิน 1.00 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร เติมสารเร่งปฏิกิริยาที่มีทองแดง โพแทสเซียมซัลเฟต และซีลีเนียม นำไปย่อย เติมด่าง และกลั่นหาแอมโมเนียโดยมีสารละลายกรดบอริกเป็นตัวจับแก๊สแอมโมเนีย แล้วไทเทรตหาแอมโมเนียที่ถูกจับในกรดบอริกด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน (จำเป็น, 2547)

3.1.1.12 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธีเบรย์ทู (Bray II method) ชั่งดิน 1.00 กรัม เติมน้ำยาสกัดเบรย์ทู (0.10 M HCl + 0.03 M NH_4F) 10 มิลลิลิตร เขย่า กรอง และทำให้เกิดสีโดยวิธีโมลิบดินัมบลู แล้ววัดฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 820 นาโนเมตร (จำเป็น, 2547)

3.1.1.13 แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ ชั่งดิน 5.00 กรัม ใส่ในหลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมแอมโมเนียมอะซิเทต (1 M NH_4OAc pH 7) 25 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที กรองส่วนใสผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 5 นำสารละลายที่ได้วิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 422 และ 285 นาโนเมตร โดยวิธีการดูดกลืนแสง ส่วนโซเดียมใช้วิธีการเปล่งแสงของอะตอม (จำเป็น, 2547)

3.1.1.14 ร้อยละอนุภาค ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว โดยวิธี Hydrometer ชั่งดิน 50 กรัม ใส่บีเกอร์ที่ทราบน้ำหนัก เติมน้ำกลั่นให้ท่วมดินแล้วคน ย่อยอินทรียวัตถุในดินโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หลังจากนั้น นำดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 - 2 วัน เติมน้ำที่ปราศจากไอออนและสารละลายแคลกอน (5 % w/v $(NaPO_3)_6$ + 0.83 % w/v Na_2CO_3) อย่างละ 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วถ่ายสารละลายแขวนลอยดินลงในกระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร ใช้น้ำที่ปราศจากไอออนปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ใช้ไม้คนให้อนุภาคดินกระจายสม่ำเสมอ พร้อมทั้งจับเวลาเมื่อยกไม้ออกจากกระบอกตวง แล้วค่อยๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ อ่านค่าที่เวลา 50 วินาที และ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำค่าที่อ่านได้มาคำนวณหาร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2554)

3.1.2 การเก็บและวิเคราะห์โพแทสเซียมในใบยางพารา เก็บใบยางพาราจากต้นยางพาราใกล้จุดเก็บดิน เก็บแปลงละ 9 ต้น ต้นละ 4 - 6 ใบ ในระยะก่อนใส่ปุ๋ย ในยางพาราก่อนเปิดกรีดใบที่เก็บต้องเป็นกิ่งที่อยู่ในร่มเงาทั้งสองข้างของทรงพุ่ม ส่วนยางพาราที่เปิดกรีดแล้วเก็บใบอายุ 100 - 150 วันหลังจากผลิใบใหม่ และเก็บจากตำแหน่งคู่ล่างหรือใบที่ 1 และ 2 ของฉัตรแรกของกิ่งในร่มระหว่างแถว (นุชนารถ, 2542) (รูปที่ 2.1) หลังจากนั้น นำใบยางพารามากำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยน้ำปราศจากไอออนและซับด้วยผ้าขาวที่สะอาด และอบที่อุณหภูมิ 65 - 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืชผ่านตะแกรงขนาด 20 แมช เก็บไว้วิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในใบ โดยย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริค (HNO_3 : $HClO_4$; 3:1) แล้ววัดโพแทสเซียมด้วยวิธีการเปล่งแสงของอะตอม (จำเป็น, 2547)

รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของใบยางพาราที่เก็บ

3.1.3 การเก็บและวิเคราะห์โพแทสเซียมในน้ำยางพารา เก็บน้ำยางพาราในช่วงเช้า (6.00 - 12.00 น.) ในระยะก่อนใส่ปุ๋ยจากต้นยางพาราที่เก็บใบ เก็บต้นละ 1 มิลลิลิตร (ประมาณ 15 หยด) จำนวน 9 ต้น โดยใช้เหล็กปลายแหลมเจาะทำมุมประมาณ 30 องศากับลำต้นยางพารา หากเป็นยางพาราก่อนเปิดกรีดเจาะที่ความสูง 150 เซนติเมตร จากผิวดิน ส่วนยางพาราที่เปิดกรีดแล้วเจาะใต้รอยกรีดตรงกลางลงมา 5 เซนติเมตร แล้วสอดหลอดพลาสติกเพื่อลำเลียงน้ำยางพารา ปล่อยน้ำยางพารา 2 - 3 หยดแรกทิ้ง รองรับน้ำยางพาราด้วยหลอดแก้วขนาด 15 X 60 มิลลิเมตร ที่แช่อยู่ในภาชนะที่บรรจุน้ำแข็ง นำน้ำยางพาราที่เก็บได้จาก 9 ต้นผสมให้เข้ากันแล้วตกตะกอนเนื้อยางทันทีในแปลง โดยปิเปตต์น้ำยางพารา 2 มิลลิลิตรใส่ขวดแก้วเติมสารละลายผสมทีซีเอ (trichloroacetic acid; 2.5 % w/v

TCA + 0.01 % w/v EDTA) 18 มิลลิลิตร เขย่าให้เนื้อยางจับตัวแล้วกรองผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 เก็บสารละลายที่กรองได้ที่เรียกว่าเซรัมน้ำยางพารา (latex serum) แช่ไว้ในกระติกน้ำแข็งเพื่อวิเคราะห์โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา (วารุณี และจำเป็น, 2556) เจือจางเซรัมน้ำยางพารา 5 เท่า โดยปิเปตต์เซรัมน้ำยางพารา 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายทีซีเอ 1 มิลลิลิตร และน้ำปราศจากไอออน 3 มิลลิลิตร วัดโพแทสเซียมโดย Atomic Absorption Spectrophotometer แล้วคำนวณความเข้มข้นโพแทสเซียมในหน่วยมิลลิโมลาร์ (mM)

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

นำผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา มาหาความสัมพันธ์กันดังนี้

1) โพแทสเซียมรูปต่างๆ ในดิน

2) โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

3) โพแทสเซียมในใบกับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา

4) โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับโพแทสเซียมในใบและเซรัมน้ำยางพารา

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา ตลอดจนสมบัติทางเคมี และร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมาประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้สูตร $\bar{x} \pm Z_{\alpha/2}\, SD/\sqrt{n}$ เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล Z คือ ค่าพื้นที่ที่ได้จากตารางโค้งปกติมาตรฐาน α คือ ระดับนัยสำคัญในที่นี้ใช้ที่ 0.05 SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ n คือ จำนวนข้อมูล (บุญธรรม, 2553) ตลอดจน เปรียบเทียบโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราของยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มโดยการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (independent sample t-test) และประเมินสถานะโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินและโพแทสเซียมในใบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ได้มีกำหนดไว้ ตลอดจนหาความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

บทที่ 3

ผลการทดลอง

การศึกษานี้ประกอบด้วย 2 การศึกษาย่อย คือ 1) สถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราในแปลงยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม และ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่างๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา มีผลการศึกษาดังนี้

1. สถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

1.1 สมบัติทั่วไปของดินในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา

ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและที่ลุ่มมีพีเอช อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3.1) แต่สมบัติทางเคมีบางประการของดินบน (0 - 30 ซม.) ดินในที่ดอนมีค่าต่ำกว่าในที่ลุ่ม ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 17 - 26 และ 35 - 59 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร แคลเซียมที่สกัดได้ 44 - 84 และ 127 - 201 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แมกนีเซียมที่สกัดได้ 9 - 20 และ 19 - 35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โซเดียมที่สกัดได้ 8 - 11 และ 12 - 18 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน 1.52 - 2.40 และ 1.91 - 3.23 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นในดินล่าง (30 - 60 ซม.) เช่นกัน ดินบนในที่ดอนมีเนื้อดินหยาบกว่าดินบนในที่ลุ่มโดยมีร้อยละอนุภาคทราย 53 - 61 ในขณะที่ดินบนในที่ลุ่มมีร้อยละ 40 - 53 ส่วนอนุภาคดินเหนียวจะกลับกัน กล่าวคือ ดินบนในที่ดอนมีค่าต่ำกว่าดินบนในที่ลุ่มโดยมีอนุภาคดินเหนียวร้อยละ 18 - 24 ในขณะที่ดินบนในที่ลุ่มมีร้อยละ 22 - 31

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางเคมีและอนุภาคดินของดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม

สมบัติดิน	ดินบน (0 - 30 cm)		ดินล่าง (30 - 60 cm)	
	ที่ดอน	ที่ลุ่ม	ที่ดอน	ที่ลุ่ม
pH (ดิน : น้ำ = 1:5)	5.12 - 5.68	5.17 - 5.98	5.16 - 5.43	5.27 - 5.52
EC (1:5) (µS/cm)	17 - 26	35 - 59	15 - 22	22 - 30
OM (g/kg)	9 - 12	10 - 13	4 - 5	3 - 4
Total N (g/kg)	0.47 - 0.63	0.63 - 0.79	0.36 - 0.49	0.34 - 0.43
Avai. P (mg/kg)	9 - 15	8 - 15	3 - 4	3 - 4
Extr. K (mg/kg)	29 - 41	31 - 41	18 - 27	17 - 26
Extr. Ca (mg/kg)	44 - 84	127 - 201	32 - 83	93 - 151
Extr. Mg (mg/kg)	9 - 20	19 - 35	7 - 14	17 - 30
Extr. Na (mg/kg)	8 - 11	12 - 18	6 - 7	15 - 22
CEC ($cmol_c$/kg)	1.52 - 2.40	1.91 - 3.23	2.21 - 4.05	3.30 - 4.92
Sand (%)	53 - 61	40 - 53	46 - 60	30 - 41
Silt (%)	21 - 24	23 - 31	22 - 31	33 - 41
Clay (%)	18 - 24	22 - 31	17 - 23	25 - 31

หมายเหตุ : ค่าได้จากการประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

1.2 โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินปลูกยางพารา

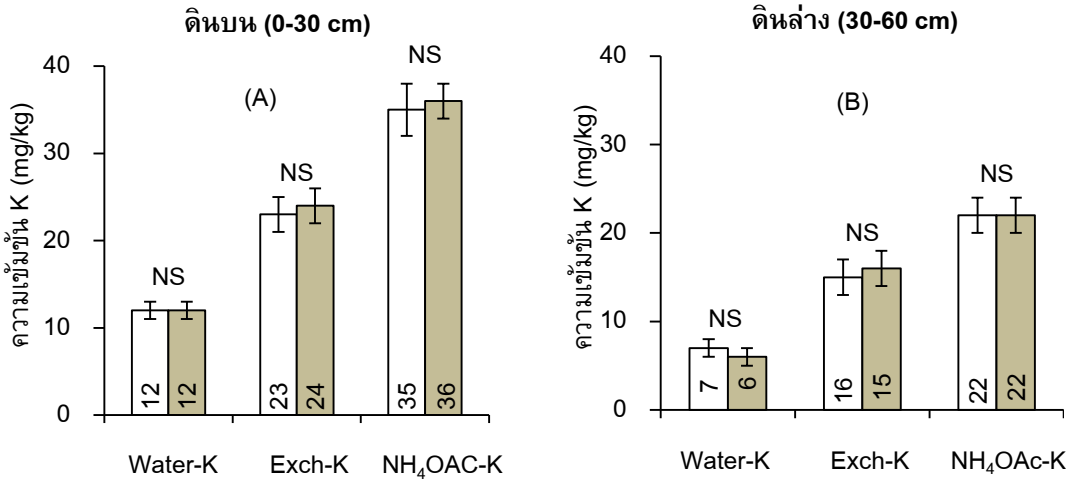
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ รูป NH_4OAc-K ซึ่งเป็นผลรวมของ Water-K และ Exch-K พบว่า ดินในที่ดอนและที่ลุ่มมี NH_4OAc-K จากการประมาณค่าแบบช่วงใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3.2) และมีค่าเฉลี่ย Water-K เท่ากับ 12 และ 12 มิลลิกรัม/กิโลกรัม Exch-K 23 และ 24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ NH_4OAc-K 35 และ 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินที่ดอนและที่ลุ่ม ตามลำดับ (รูปที่ 3.1 A) เช่นเดียวกับดินล่างที่พบว่า Exch-K จากการประมาณค่าแบบช่วงใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3.2) และไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมรูปดังกล่าวเช่นเดียวกับดินบน (รูปที่ 3.1 B)

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินบนในที่ดอนต่ำกว่าในที่ลุ่ม และจากการประมาณค่าแบบช่วงแต่ละรูปมีค่าค่อนข้างกว้าง โดย Fixed-K เท่ากับ 16 - 23 และ 26 - 57 มิลลิกรัม/กิโลกรัม HNO_3-K 47 - 62 และ 59 - 96 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ Total-K 1,292 - 2,437 และ 6,106 - 9,288 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินที่ดอนและที่ลุ่ม ตามลำดับ (ตารางที่ 3.2) ส่วนค่าเฉลี่ยของ Fixed-K ของดินบนเท่ากับ 19 และ 35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม HNO_3-K 54 และ 77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ Total-K 1,865 และ 7,702 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินที่ดอนและที่ลุ่ม ตามลำดับ (รูปที่ 3.2 A และ 3.3) ส่วนดินล่างความเข้มข้นโพแทสเซียมรูปดังกล่าวในดินที่ดอนมีค่าต่ำกว่าดินในที่ลุ่มเช่นเดียวกับที่พบในดินบน (รูปที่ 3.2 B และ 3.3)

ตารางที่ 3.2 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา

รูปของ K (mg/kg)	ค่า	ดินบน (0 - 30 cm)		ดินล่าง (30 - 60 cm)	
		ที่ดอน	ที่ลุ่ม	ที่ดอน	ที่ลุ่ม
Water-K	ต่ำสุด - สูงสุด	4 - 24	5 - 24	2 - 14	3 - 17
	ช่วง	10 - 14	10 - 13	6 - 8	5 - 7
Exch-K	ต่ำสุด - สูงสุด	6 - 45	13 - 55	2 - 29	4 - 53
	ช่วง	19 - 27	21 - 27	12 - 19	12 - 19
NH_4OAc-K	ต่ำสุด - สูงสุด	10 - 67	21 - 78	7 - 69	10 - 69
	ช่วง	29 - 41	31 - 41	18 - 27	17 - 26
Fixed-K	ต่ำสุด - สูงสุด	2 - 44	4 - 81	3 - 38	1 - 78
	ช่วง	16 - 23	26 - 57	12 - 19	23 - 39
HNO_3-K	ต่ำสุด - สูงสุด	24 - 93	33 - 278	11 - 108	22 - 108
	ช่วง	47 - 62	59 - 96	32 - 43	45 - 61
Total-K	ต่ำสุด - สูงสุด	355 - 6,453	534 - 17,044	291 - 7,973	487 - 21,962
	ช่วง	1,292 - 2,437	6,106 - 9,288	1,604 - 4,613	6,476 - 10,263

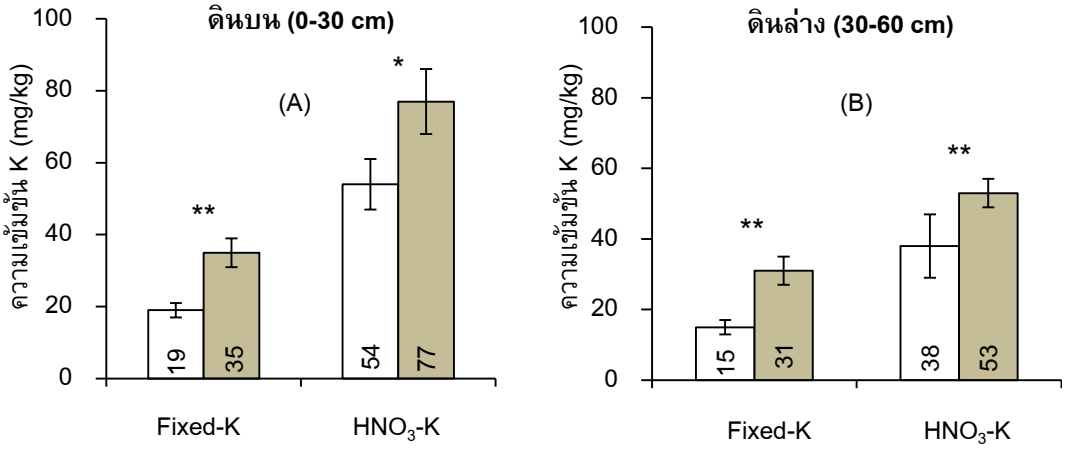
หมายเหตุ : ช่วงได้จากการประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 3.1 ความเข้มข้นของ Water-K, Exch-K และ NH_4OAc-K ในดินที่ดอน (□) และในที่ลุ่ม (■) ที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 (A) และ 30-60 (B) เซนติเมตร

หมายเหตุ : NS = ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อทดสอบด้วยวิธี T-test ที่ $P \leq 0.05$

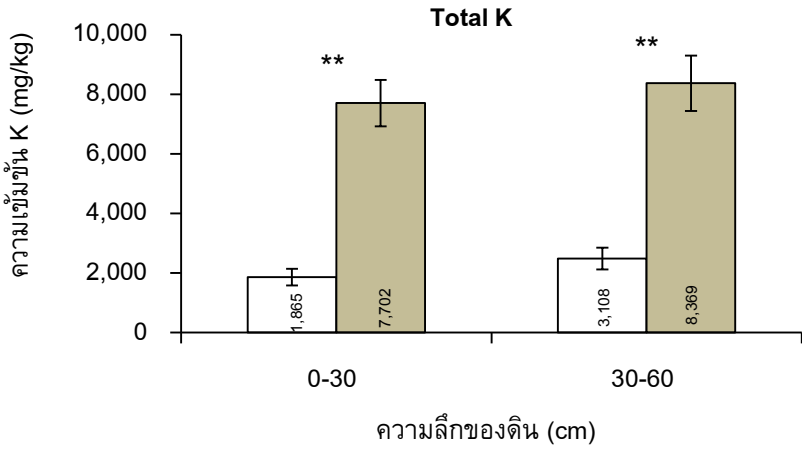
I = Standard error of the mean



รูปที่ 3.2 ความเข้มข้นของ Fixed-K และ HNO_3-K ในดินที่ดอน (□) และในที่ลุ่ม (■) ที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 (A) และ 30-60 (B) เซนติเมตร

หมายเหตุ : *, ** แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อทดสอบด้วยวิธี T-test ที่ $P \leq 0.05$ และ 0.01 ตามลำดับ

I = Standard error of the mean



รูปที่ 3.3 ความเข้มข้นของ Total-K ในดินปลูกยางพาราในที่ดอน (□) และในที่ลุ่ม (■) ที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร

หมายเหตุ : ** แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อทดสอบด้วยวิธี T-test ที่ $P \leq 0.01$

I = Standard error of the mean

1.3 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและที่ลุ่ม

ดินบนในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (NH_4OAc-K) ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 3.1 A) เมื่อนำโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ความลึก 0 - 30 เซนติเมตรของแปลงปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของสถาบันวิจัยยาง พบว่า ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มี NH_4OAc-K ต่ำ คือ ต่ำกว่า 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีด (ตารางที่ 3.3) และหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 3.4) ดินในที่ดอนของยางพาราก่อนเปิดกรีดร้อยละ 47 และในที่ลุ่มร้อยละ 75 ของแปลงที่ศึกษามี NH_4OAc-K ต่ำ ใกล้เคียงกับเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสายใจ (สายใจ, 2554) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma *et al*., 2000) พบว่า ร้อยละของแปลงที่มี NH_4OAc-K ในระดับต่ำมีมากกว่า และดินส่วนใหญ่มี NH_4OAc-K ต่ำ ดินปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มี NH_4OAc-K ต่ำ โดยดินในที่ดอนร้อยละ 64 และดินในที่ลุ่มร้อยละ 72 มี NH_4OAc-K ต่ำเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยาง ในขณะที่เปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย พบว่า ร้อยละของแปลงที่มี NH_4OAc-K ระดับต่ำมีมากกว่า และร้อยละของแปลงในที่ลุ่มมี NH_4OAc-K ระดับต่ำมากกว่าแปลงในที่ดอน

ตารางที่ 3.3 ระดับโพแทสเซียม (NH_4OAc-K) ในดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ความลึก 0 - 30 เซนติเมตรที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มเมื่อจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐาน

เกณฑ์มาตรฐาน	สภาพพื้นที่	ระดับโพแทสเซียม (ร้อยละของแปลงที่ศึกษา)		
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 40)	(40 - 60)	(> 60)
สถาบันวิจัยยาง	ที่ดอน (n = 18)	47	32	21
(นุชนารถ, 2554)	ที่ลุ่ม (n = 28)	75	18	7
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 40)	(40 - 80)	(> 80)
สายใจ	ที่ดอน (n = 18)	47	42	2
(สายใจ, 2554)	ที่ลุ่ม (n = 28)	71	25	4
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 50)	(50 - 125)	(> 125)
สถาบันวิจัยยางอินเดีย	ที่ดอน (n = 18)	69	26	5
(Karthikakuttyamma *et al*, 2000)	ที่ลุ่ม (n = 28)	82	18	0

หมายเหตุ : ( ) = ความเข้มข้น K ที่สกัดโดย 1 M NH_4OAc pH 7 (mg/kg) ที่จัดเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง

ตารางที่ 3.4 ระดับโพแทสเซียม (NH_4OAc-K) ในดินปลูกยางพาราหลังเปิดกรีดที่ความลึก 0 - 30 เซนติเมตรที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มเมื่อจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐาน

เกณฑ์มาตรฐาน	สภาพพื้นที่	ระดับโพแทสเซียม (ร้อยละของแปลงที่ศึกษา)		
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 40)	(40 - 60)	(> 60)
สถาบันวิจัยยาง	ที่ดอน (n = 26)	64	24	12
(นุชนารถ, 2554)	ที่ลุ่ม (n = 18)	72	22	6
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 50)	(50 - 125)	(> 125)
สถาบันวิจัยยางอินเดีย	ที่ดอน (n = 26)	80	20	0
(Karthikakuttyamma *et al*., 2000)	ที่ลุ่ม (n = 18)	83	17	0

หมายเหตุ : ( ) = ความเข้มข้น K ที่สกัดโดย 1 M NH_4OAc pH 7 (mg/kg) ที่จัดเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง

1.4 โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม

โพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่าอยู่ในช่วง 7.85 - 10.10 และ 9.37 - 11.31 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3.5) ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 10.45 - 13.51 และ 12.00 - 13.72 กรัม/กิโลกรัม ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนมีแนวโน้มต่ำกว่าในที่ลุ่มเล็กน้อยซึ่งพบทั้งในยางก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด โดยค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในดินที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่า 9.26 และ 10.34 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่า 12.65 และ 12.84 กรัม/กิโลกรัม ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ

ตารางที่ 3.5 โพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม

ระยะ		โพแทสเซียมในใบ (g/kg)	
	ค่า	ที่ดอน (n = 18)	ที่ลุ่ม (n = 28)
ก่อนเปิดกรีด	ต่ำสุด - สูงสุด	5.23 - 13.88	7.36 - 14.22
	ช่วง	7.85 - 10.10	9.37 - 11.31
	เฉลี่ย ^{NS}	**9.26**	**10.34**
		ที่ดอน (n = 26)	ที่ลุ่ม (n = 18)
หลังเปิดกรีด	ต่ำสุด - สูงสุด	7.67 - 21.15	10.69 - 15.08
	ช่วง	10.45 - 13.51	12.00 - 13.72
	เฉลี่ย ^{NS}	**12.65**	**12.84**

หมายเหตุ : ช่วงได้จากการประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

NS ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อนำโพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานระดับโพแทสเซียมในใบยางพาราของสถาบันวิจัยยาง พบว่า แปลงยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ดอนร้อยละ 95 และในที่ลุ่มร้อยละ 93 มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (ตารางที่ 3.6) โดยมีค่าน้อยกว่า 13.5 กรัม/กิโลกรัม สอดคล้องกับเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของสายใจและสถาบันวิจัยยางอินเดียที่พบว่า ยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (ตารางที่ 3.6) ยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอนร้อยละ 68 และในที่ลุ่มร้อยละ 67 มีโพแทสเซียมในใบต่ำเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของสถาบันวิจัยยาง แต่หากเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานสถาบันวิจัยยางอินเดีย พบว่า แปลงยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอนร้อยละ 20 และในที่ลุ่มร้อยละ 6 มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (ตารางที่ 3.7)

ตารางที่ 3.6 ระดับโพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มตามเกณฑ์มาตรฐาน

เกณฑ์มาตรฐาน	สภาพพื้นที่	ระดับโพแทสเซียม (ร้อยละของแปลงที่ศึกษา)		
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 13.5)	(13.6 - 16.5)	(16.6 - 18.5)
สถาบันวิจัยยาง	ที่ดอน (n = 18)	95	5	0
(นุชนารถ, 2554)	ที่ลุ่ม (n = 28)	93	7	0
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 10.0)	(10.0 - 14.0)	(> 14.0)
สายใจ	ที่ดอน (n = 18)	68	32	0
(สายใจ, 2554)	ที่ลุ่ม (n = 28)	50	43	7
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 10.0)	(10.0 - 15.0)	(> 15.0)
สถาบันวิจัยยางอินเดีย	ที่ดอน (n = 18)	68	32	0
(Karthikakuttyamma *et al*., 2000)	ที่ลุ่ม (n = 28)	46	54	0

หมายเหตุ : ( ) = ความเข้มข้นของ K ในใบ (g/kg) ที่จัดเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง

ตารางที่ 3.7 ระดับโพแทสเซียมในใบยางพาราหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มตามเกณฑ์มาตรฐาน

เกณฑ์มาตรฐาน	สภาพพื้นที่	ระดับโพแทสเซียม (ร้อยละของแปลงที่ศึกษา)		
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 13.5)	(13.6 - 16.5)	(16.6 - 18.5)
สถาบันวิจัยยาง	ที่ดอน (n = 26)	68	24	8
(นุชนารถ, 2554)	ที่ลุ่ม (n = 18)	67	33	0
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
		(< 10.0)	(10.0 - 15.0)	(> 15.0)
สถาบันวิจัยยางอินเดีย	ที่ดอน (n = 26)	20	56	24
(Karthikakuttyamma *et al*., 2000)	ที่ลุ่ม (n = 18)	6	83	11

หมายเหตุ : ( ) = ความเข้มข้นของ K ในใบ (g/kg) ที่จัดเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง

1.5 โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม

เซรัมน้ำยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 30.44 - 43.97 และ 31.44 - 40.25 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ในขณะที่เซรัมน้ำยางพาราหลังเปิดกรีดมีโพแทสเซียมสูงกว่าในระยะก่อนเปิดกรีด โดยมีโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 54.57 - 64.43 และ 49.91 - 67.91 มิลลิโมลาร์ ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ (ตารางที่ 3.8) ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งในยางก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 3.8) โดยในยางพาราก่อนเปิดกรีดมีค่า 38.12 และ 35.76 มิลลิโมลาร์ ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่าเท่ากับ 56.85 และ 59.36 มิลลิโมลาร์ ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม

ระยะ	โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา (mM)		
	ค่า	ที่ดอน (n = 18)	ที่ลุ่ม (n = 28)
ก่อนเปิดกรีด	ต่ำสุด - สูงสุด	21.38 - 62.89	23.41 - 51.64
	ช่วง	30.44 - 43.97	31.44 - 40.25
	ค่าเฉลี่ย ^{NS}	**38.12**	**35.76**
		ที่ดอน (n = 26)	ที่ลุ่ม (n = 18)
หลังเปิดกรีด	ต่ำสุด - สูงสุด	38.56 - 74.80	29.49 - 87.99
	ช่วง	54.57 - 64.43	49.91 - 67.91
	ค่าเฉลี่ย ^{NS}	**56.85**	**59.36**

หมายเหตุ : ช่วงได้จากการประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

NS ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2. ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

เมื่อนำข้อมูลผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมาหาความสัมพันธ์กัน พบว่า ให้ผลการศึกษาดังนี้

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน

รูปของโพแทสเซียมในดินมีความสัมพันธ์กัน โดยพบความสัมพันธ์ระหว่าง Water-K กับ Exch-K ทั้งดินในที่ดอน (r = 0.70) และในที่ลุ่ม (r = 0.71) พบความสัมพันธ์ระหว่าง Water-K กับ NH_4OAc-K ของดินในที่ดอน (r = 0.84) และดินในที่ลุ่ม (r = 0.85) โดยเฉพาะ Exch-K กับ NH_4OAc-K มีความสัมพันธ์กันสูงทั้งดินในที่ดอน (r = 0.98) และดินในที่ลุ่ม (r = 0.97) (ตารางที่ 3.9) โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Exch-K กับ NH_4OAc-K ของดินในที่ดอนเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบแพทโคเอฟฟิเชียน พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง Exch-K กับ NH_4OAc-K เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Exch-K เท่ากับ 0.12 โดยผ่านอิทธิพลทางอ้อมของ HNO_3-K (0.98) (ตารางที่ 3.10) ในขณะที่ดินในที่ลุ่มซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง NH_4OAc-K กับ Exch-K เท่ากับ 0.97 เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Exch-K เท่ากับ 0.75 โดยผ่านอิทธิพลทางอ้อมของ Water-K (0.23) (ตารางที่ 3.10)

ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูป Water-K, Exch-K และ NH_4OAc-K กับ Fixed-K (ตารางที่ 3.9) อย่างไรก็ตาม Fixed-K และ HNO_3-K มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า r ระหว่าง Fixed-K กับ HNO_3-K ของดินในที่ดอนเท่ากับ 0.65 และดินในที่ลุ่มเท่ากับ 0.81 โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับ HNO_3-K ของดินในที่ดอนเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบแพทโคเอฟฟิเชียน พบว่า เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Fixed-K เท่ากับ 0.51 โดยผ่านอิทธิพลทางอ้อมโพแทสเซียมรูปอื่นๆ ต่ำ (ตารางที่ 3.11) ดินในที่ลุ่มมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับ HNO_3-K เท่ากับ 0.81 เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Fixed-K เท่ากับ 0.69 โดยผ่านอิทธิพลทางอ้อมของ Exch-K (0.34) (ตารางที่ 3.11) เมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรงพบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (correlation of determination; r^2) ระหว่าง HNO_3-K กับ Fixed-K ของดินในที่ดอนเท่ากับ 0.51 และดินในที่ลุ่มเท่ากับ 0.70 (รูปที่ 3.4)

ตารางที่ 3.9 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา

รูปของโพแทสเซียม	Water-K	Exch-K	NH_4OAc-K	Fixed-K	HNO_3-K
ที่ดอน (n = 64)					
Exch-K	0.70**				
NH_4OAc-K	0.84**	0.98**			
Fixed-K	0.18	0.17	0.19		
HNO_3-K	0.74**	0.84**	0.87**	0.65**	
Total-K	0.08	0.33**	0.27*	0.14	0.28**
ที่ลุ่ม (n = 64)					
Exch-K	0.71**				
NH_4OAc-K	0.85**	0.97**			
Fixed-K	0.25*	0.30*	0.31*		
HNO_3-K	0.52**	0.60**	0.61**	0.81**	
Total-K	- 0.12	0.09	0.03	0.03	0.04

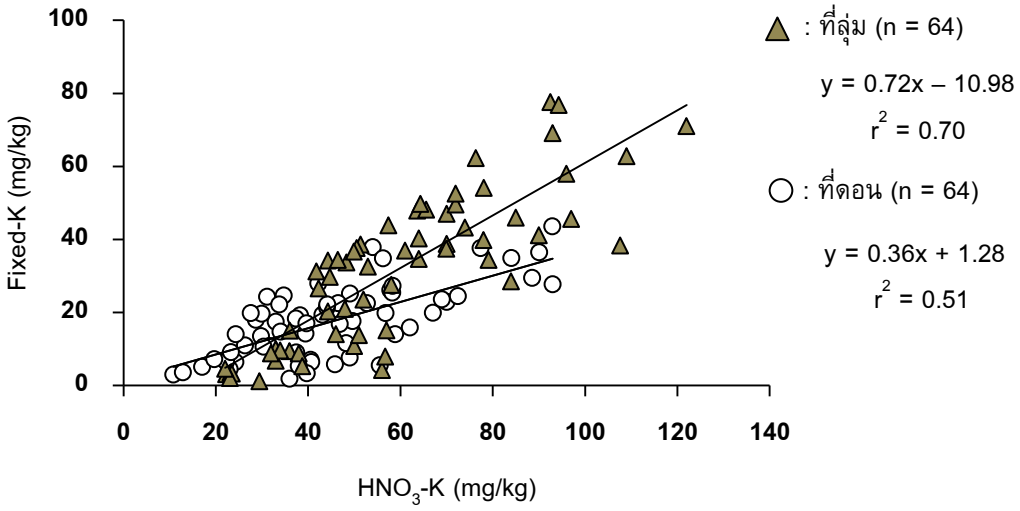
หมายเหตุ : *, ** = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ 99 % ตามลำดับ

ตารางที่ 3.10 แพทโคเอฟฟิเซียนท์ระหว่าง NH_4OAc-K กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน

รูปของโพแทสเซียม	r	อิทธิพลทางตรง	อิทธิพลทางอ้อม				
			Water-K	Exch-K	Fixed-K	HNO_3-K	Total-K
ที่ดอน (n = 64)							
Water-K	0.84	-0.01	-	0.09	-0.10	0.86	0.00
Exch-K	0.98	0.12	-0.01	-	-0.10	0.98	0.00
Fixed-K	0.19	-0.58	0.00	0.02	-	0.75	0.00
HNO_3-K	0.87	1.16	-0.01	0.10	-0.38	-	0.00
Total-K	0.27	-0.01	0.00	0.04	-0.08	0.32	-
ที่ลุ่ม (n = 64)							
Water-K	0.85	0.33	-	0.53	0.01	-0.02	0.00
Exch-K	0.97	0.75	0.23	-	0.01	-0.02	0.00
Fixed-K	0.31	0.03	0.08	0.22	-	-0.02	0.00
HNO_3-K	0.61	-0.04	0.17	0.45	0.03	-	0.00
Total-K	0.03	0.00	-0.04	0.07	0.00	0.00	-

ตารางที่ 3.11 แพทโคเอฟฟิเชียนท์ระหว่าง HNO_3-K กับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน

รูปของโพแทสเซียม	r	อิทธิพลทางตรง	อิทธิพลทางอ้อม				
			NH_4OAc-K	Water-K	Exch-K	Fixed-K	Total-K
ที่ดอน (n = 64)							
NH_4OAc-K	0.87	0.23	-	0.14	0.40	0.10	0.00
Water-K	0.74	0.16	0.20	-	0.28	0.10	0.00
Exch-K	0.84	0.40	0.23	0.12	-	0.09	0.00
Fixed-K	0.65	0.51	0.04	0.03	0.07	-	0.00
Total-K	0.28	0.00	0.06	0.01	0.14	0.07	-
ที่ลุ่ม (n = 64)							
NH_4OAc-K	0.61	-1.12	-	0.43	1.08	0.21	0.00
Water-K	0.52	0.51	-0.95	-	0.79	0.17	0.00
Exch-K	0.60	1.12	-1.09	0.36	-	0.21	0.00
Fixed-K	0.81	0.69	-0.35	0.13	0.34	-	0.00
Total-K	0.04	0.01	-0.03	-0.06	0.10	0.02	-



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับ HNO_3-K ในดินที่ดอน (○) และในที่ลุ่ม (▲) ที่ใช้ปลูกยางพารา

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับสมบัติดิน

โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับสมบัติเคมีบางประการ (ตารางที่ 3.12) โดย Water-K มีความสัมพันธ์กับพีเอช (r = -0.25) ค่าการนำไฟฟ้า (r = 0.27) และอินทรียวัตถุ (r = 0.55) ส่วน Exch-K มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า (r = 0.25) แมกนีเซียม (r = 0.19) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (r = 0.19) และอินทรียวัตถุ (r = 0.40) NH_4OAc-K มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า (r = 0.28) และอินทรียวัตถุ (r = 0.48) Fixed-K มีความสัมพันธ์กับพีเอช (r = 0.19) ค่าการนำไฟฟ้า (0.50) แคลเซียม (r = 0.20) และแมกนีเซียม (r = 0.37) HNO_3-K มีความสัมพันธ์กับพีเอช (-0.24) ค่าการนำไฟฟ้า (r = 0.53) แมกนีเซียม (r = 0.36) และอินทรียวัตถุ (r = 0.23) ส่วน Total-K พบว่า มีความสัมพันธ์กับแคลเซียม (r = 0.36) แมกนีเซียม (r = 0.31) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (r = 0.37) และอนุภาคดินเหนียว (r = 0.19)

ตารางที่ 3.12 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับสมบัติทางเคมีบางประการ (n = 128)

รูปของโพแทสเซียม	pH	EC	Extr. Ca	Extr. Mg	CEC	OM	Clay
Water-K	-0.25**	0.27**	-0.04	0.04	-0.01	0.55**	0.13
Exch-K	-0.15	0.25**	0.07	0.19*	0.19*	0.40**	0.15
NH_4OAc-K	-0.19	0.28**	0.04	0.15	0.14	0.48**	0.16
Fixed-K	-0.19*	0.50**	0.20*	0.37**	-0.06	0.02	-0.06
HNO_3-K	-0.24**	0.53**	0.17	0.36**	0.01	0.23**	0.02
Total-K	0.13	0.07	0.36**	0.31**	0.37**	-0.13	0.19*

หมายเหตุ : *, ** = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ 99 % ตามลำดับ

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินทั้งสองความลึก (0 - 30 และ 30 - 60 เซนติเมตร) ส่วนใหญ่ไม่มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา (ตารางที่ 3.13) ยกเว้น Fixed-K ที่ความลึก 0 - 30 เซนติเมตรมีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบ (r = 0.33) และ Fixed-K ที่ความลึก 30 - 60 เซนติเมตรมีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบ (r = 0.31) และโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา (r = 0.33)

ตารางที่ 3.13 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ความลึก 0-30 (n = 64) และ 30-60 ซม. (n = 64) กับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา

รูปของโพแทสเซียม	ความลึก (cm)	โพแทสเซียม	
		ในใบยางพารา	ในเซรัมน้ำยางพารา
Water-K	0-30	0.05	0.03
	30-60	-0.01	0.08
Exch-K	0-30	0.09	-0.22
	30-60	0.21	-0.24
NH_4OAc-K	0-30	0.13	-0.18
	30-60	0.19	-0.23
Fixed-K	0-30	0.33*	0.04
	30-60	0.31*	0.33**
HNO_3-K	0-30	0.21	-0.11
	30-60	0.24	0.20
Total-K	0-30	0.15	-0.20
	30-60	-0.16	0.19

หมายเหตุ : *, ** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ 99 % ตามลำดับ

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา

โพแทสเซียมในใบยางพาราและในเซรัมน้ำยางพารามีความสัมพันธ์กัน ซึ่งพบทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด โดยยางพาราก่อนเปิดกรีดมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบกับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราเท่ากับ 0.40 ในขณะที่ยางหลังเปิดกรีดมีค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวเท่ากับ 0.36 (ตารางที่ 3.14)

ตารางที่ 3.14 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา (n = 128)

โพแทสเซียมในใบยางพารา	โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา
ยางพาราก่อนเปิดกรีด	0.40*
ยางพาราหลังเปิดกรีด	0.36*

หมายเหตุ : * = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจารณ์ผลการทดลองนี้ประกอบด้วยสถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพาราและความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

1. สถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

1.1 สมบัติทั่วไปของดินในที่ดอนและในที่ลุ่ม

ดินในที่ดอนมีอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่าดินในที่ลุ่ม ส่งผลให้ดินในที่ดอนมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าการนำไฟฟ้า แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ต่ำกว่าดินในที่ลุ่ม (ตารางที่ 3.1) ดินในที่ดอนมีอินทรียวัตถุต่ำกว่าในที่ลุ่มเล็กน้อย รวมถึงดินในที่ดอนมีอนุภาคดินเหนียวต่ำ ดังนั้น จึงส่งผลให้ดินในที่ดอนดูดซับแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมได้ต่ำกว่าดินในที่ลุ่มซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุสูงกว่า แต่ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยแอมโมเนียมอะซิเทตมีค่าใกล้เคียงกัน อาจเกิดจากดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มที่ใช้ศึกษาในอดีตเคยใช้ปลูกข้าวและสูตรปุ๋ยที่ใช้กับข้าวไม่มีโพแทสเซียม เช่น 16-20-0 หรือ 20-20-0 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ดินจึงเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่ข้าวเพียงแหล่งเดียว ส่งผลให้ดินค่อย ๆ มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลง ต่างจากดินในที่ดอนที่ได้รับโพแทสเซียมเพิ่มเติมจากปุ๋ย จึงส่งผลให้ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน แม้ว่า ดินในที่ลุ่มมีเนื้อละเอียดกว่าและควรดูดซับโพแทสเซียมได้มากกว่าดินในที่ดอน ต่างจากที่มีรายงานว่า ดินเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al*., 2005) และดินที่ลุ่มเนื้อละเอียดที่ใช้ปลูกยางพาราในจังหวัดพัทลุงที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินในที่ดอน (ระวี และอิบรอเฮม, 2553)

ปัจจุบันมีการแนะนำปุ๋ยสูตร 20-8-20 (อัตราที่ใช้ขึ้นอยู่กับเนื้อดินและอายุยางพารา) สำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีดในภาคใต้ และสูตร 29-5-18 (อัตรา 1 กก./ต้น/ปี) แก่ยางพาราหลังเปิดกรีด (นุชนารถ, 2554) แต่ยังคงพบว่า ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ศึกษามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ (< 11 มก./กก.) (นุชนารถ, 2554) แสดงว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใส่ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการสะสมเหมือนที่พบในดินปลูกไม้ผล เช่น ในทุเรียน (สุมิตรา, 2544) และลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2549) ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มเป็นดินกรด (ตารางที่ 3.1) ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตกตะกอนกับเหล็กและอะลูมินัมเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ยาก (Brady and Weil, 2008) ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส

อยู่ในระดับต่ำ สอดคล้องกับดินกรดเขตร้อนในประเทศไทย (นวลศรี และคณะ, 2543) ดินปลูกมังคุดในภาคใต้ (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) ชุดดินท่าศาลาที่ใช้ปลูกยางพารา (ปราโมทย์ และคณะ, 2554) และดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในอำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) ที่พบว่า ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ

1.2 โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินบนในที่ดอนและในที่ลุ่มมีความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า 35 และ 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (รูปที่ 3.1 A) ซึ่งจัดว่าต่ำเมื่อเทียบกับระดับที่เหมาะสมของยางพารา (40 - 60 มก./กก.) (นุชนารถ, 2554) สอดคล้องกับผลการศึกษาในชุดดินคอหงส์ซึ่งพบทั่วไปในภาคใต้ (ชัยรัตน์ และวิเชียร, 2539) ดินปลูกมังคุดในภาคใต้ (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) ดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช (สายใจ, 2554) ดินในภาคใต้ของประเทศไทย (นวลศรี และคณะ, 2543) และดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดในอำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) ที่พบว่า ดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ ในดินเขตร้อน เช่น ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ (วุฒิชาติ, 2550) ดินในอันดับนี้เป็นดินที่มีการพัฒนาการสูงและเกิดกระบวนการชะละลายได้ดี จึงส่งผลให้โพแทสเซียมถูกชะละลายออกไปจากพื้นที่ได้ง่าย ส่งผลให้ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (นวลศรี และคณะ, 2543)

ดินบนของดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 3.1 A) แต่เมื่อนำโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มาเทียบกับโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน พบว่า ดินบนของดินในที่ดอนมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ร้อยละ 1.88 ดินในที่ลุ่มมีร้อยละ 0.47 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ทั้งนี้เนื่องจากดินในที่ลุ่มมี Total-K สูงกว่าดินในที่ดอนมาก (รูปที่ 3.3) เมื่อโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงจะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมาชดเชย (ดารากร และคณะ, 2553; Benipal and Pasricha, 2002; Brady and Weil, 2008; Hosseinifard *et al*., 2010; Darunsontaya *et al*., 2012) ดินที่มี Fixed-K สูง เช่น ดินที่มีสเมกไทต์ (Nilawonk *et al*., 2008) หรืออิลไลต์สูง (Darunsontaya *et al*., 2012) สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดีกว่าดินที่มีเคโอลิไนต์ นอกจาก Fixed-K ที่สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมได้แล้ว ยังมีรายงานว่า โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ก็สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมให้ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้เช่นกัน (Brady and Weil, 2008) โดยมีรายงานว่า การบดหินไนส์ซึ่งมีแร่ไมกาเป็นองค์ประกอบให้มีขนาด 1 - 2 มิลลิเมตร พบว่า ใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้ (Wang *et al*., 2000)

ดินในที่ลุ่มมี Fixed-K และ Total-K สูงกว่าดินในที่ดอนมาก (ตารางที่ 3.2) เนื่องจาก ดินในที่ลุ่มมีอนุภาคดินเหนียวสูงกว่าดินในที่ดอน (ตารางที่ 3.1) สอดคล้องกับที่มีรายงานค่า r ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับปริมาณอนุภาคดินเหนียว (r = 0.69) (Bedrossian and Singh, 2004) ในอนุภาคดินเหนียวประกอบด้วยส่วนที่เป็นแร่ดินเหนียวและส่วนที่เป็นแร่ปฐมภูมิที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น เฟลด์สปาร์และไมกา (อัญชลี, 2553) ดินในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีแร่ดินเหนียวผสมซึ่งมีอิลไลต์อยู่ด้วยจึงมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในระหว่างผลึก (inter layer) สูงกว่าดินในที่ดอนซึ่งส่วนใหญ่มีแร่เคโอลิไนต์ เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า ปริมาณ Fixed-K และ Total-K ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของแร่ที่มีอยู่ในดิน (ดารากร และคณะ, 2553) มีรายงานว่า ดินที่ลุ่มในภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลางของประเทศไทยยังพบอิลไลต์หรือแร่เฟลด์สปาร์ในอนุภาคดินเหนียว (Prakongkep, 2008) ดังนั้น ดินในที่ลุ่มซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวสูงจึงมี Total-K สูงกว่าดินในที่ดอนมาก สอดคล้องกับข้อสรุปที่ว่า ดินเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าในดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al*., 2005)

1.3 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่ม

ดินบนของดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 3.1 A) เมื่อประเมินสถานะโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ดอนและในที่ลุ่มโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554) พบว่า ดินปลูกยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีดในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (ตารางที่ 3.3 และ 3.4) คือ น้อยกว่า 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สอดคล้องกับเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสายใจ (สายใจ, 2554) และเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma *et al*., 2000) เนื่องจากดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มในอดีตใช้ปลูกข้าวและปุ๋ยที่ใส่ไม่มีโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ เช่น 16-20-0 หรือ 20-20-0 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ดังนั้น จึงส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินค่อย ๆ ลดลงจนอยู่ในระดับที่ต่ำ แม้ว่าดินเนื้อละเอียดควรมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในดินเนื้อหยาบ (Havlin *et al*., 2005) ต่างจากดินในที่ดอนที่ได้รับโพแทสเซียมเพิ่มเติมจากปุ๋ยอยู่เสมอจึงส่งผลให้ดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ใกล้เคียงกับดินในที่ลุ่ม (ตารางที่ 3.2)

ร้อยละของแปลงยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ลุ่มที่มี NH_4OAc-K ต่ำมีจำนวนสูงกว่าในที่ดอน แต่ในยางพาราหลังเปิดกรีดกลับพบว่า ในที่ดอนและในที่ลุ่มมีแปลงปลูกยางพาราที่มีโพแทสเซียมต่ำใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3.3 และ 3.4) ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อแปลงปลูกยางพาราในที่ลุ่มมีการใส่ปุ๋ยโพแทชต่อเนื่องหลาย ๆ ปี จึงค่อย ๆ เพิ่มระดับโพแทสเซียมในดิน จนกระทั่งมีระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นและอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับแปลงปลูกยางพาราในที่ดอนที่ได้รับโพแทสเซียมเพิ่มเติมอยู่เสมอ นอกจากนั้น มีรายงานว่า ยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนมีการใช้ปุ๋ยสูตร 20-8-20 ซึ่งเป็นสูตรแนะนำโดยสถาบันวิจัยยางมากกว่า

ยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ลุ่มซึ่งมีทั้งใช้ปุ๋ยสูตรดังกล่าวและใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยสูตร 15-7-18 ทั้งยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม (หทัยกานต์ และคณะ, 2556) ทั้งที่สูตรแนะนำโดยสถาบันวิจัยยาง คือ 29-5-18 ดังนั้น ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มจึงได้รับโพแทสเซียมจากปุ๋ยในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ยังคงพบว่าแปลงปลูกยางพาราส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ

เมื่อเปรียบเทียบค่าโพแทสเซียมในช่วงปานกลาง พบว่า เกณฑ์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของสถาบันวิจัยยางอินเดียมีค่าค่อนข้างสูง (50 - 125 มก./กก.) เมื่อเทียบกับเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยาง (40 - 60 มก./กก.) และของสายใจ (40 - 80 มก./กก.) จึงทำให้แปลงที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมีปริมาณมากกว่าเมื่อใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (ตารางที่ 3.3)

แม้ยางพาราต้องการโพแทสเซียมสูงและระดับที่เหมาะสมของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินตามเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอยู่ในช่วง 40 - 60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (นุชนารถ, 2554) แต่ก็อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับโพแทสเซียมที่เหมาะสมในดินปลูกพืชอื่น ๆ เช่น ส้มโอ (100 - 150 มก./กก.) (สมศักดิ์, 2551) ปาล์มน้ำมัน (97.73 มก./กก.) (ชัยรัตน์ และคณะ, 2553) และดินทั่วไป (60 - 90 มก./กก.) (เอิบ, 2544)

1.4 โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม

ยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมในใบไม่แตกต่างกันทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด แต่มีแนวโน้มว่าโพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มมีค่าสูงกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอนเล็กน้อย (ตารางที่ 3.5) นอกจากนั้น โพแทสเซียมในใบยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่าสูงกว่าในใบยางพาราก่อนเปิดกรีด ทั้งนี้เพราะยางพาราหลังเปิดกรีดต้องการโพแทสเซียมสูง (เวท และโสภา, 2528) ดังนั้น สูตรปุ๋ยในยางพาราหลังเปิดกรีด (29-5-18) ซึ่งใช้ในอัตรา 1,000 กรัม/ต้น/ปี (คิดเป็น K = 216 ก./ต้น/ปี) ดินจึงได้รับโพแทสเซียมสูงกว่าในยางพาราก่อนเปิดกรีด (อายุ 6 ปี) ซึ่งใช้สูตร 20-8-20 ที่ปลูกในดินร่วนทราย (K = 89 ก./ต้น/ปี) และดินร่วนเหนียว (K = 65 ก./ต้น/ปี) (นุชนารถ, 2554) แม้ว่า ดินร่วนเหนียวซึ่งมีเนื้อดินละเอียดกว่าดินร่วนทรายจะได้รับโพแทสเซียมจากปุ๋ยต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ดินที่มีเนื้อละเอียดมีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรอง (Fixed-K) สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (ตารางที่ 3.2) ดินเนื้อละเอียดจึงมีความสามารถในการเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชในระยะยาวได้ดี จึงส่งผลให้แม้ดินปลูกยางพาราในดินร่วนเหนียวใช้ปุ๋ยโพแทชต่ำกว่าดินร่วนทราย แต่โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในดินที่ลุ่มซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียดมีแนวโน้มโพแทสเซียมในใบสูงกว่ายางพาราที่ปลูกในที่ดอนซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบ

ความสามารถในการดูดธาตุอาหารในดินของพืช สามารถทราบได้จากการวิเคราะห์พืช เพราะหากดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น พืชก็จะดูดใช้โพแทสเซียมได้มากขึ้น ส่งผลให้โพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวพบในยางพาราก่อนเปิดกรีด (Yogaratnam and Mel, 1985) ยางพาราหลังเปิดกรีด (Yogaratnam and Weerasuriya, 1984) มันสำปะหลัง (อรชุมา และธนูชัย, 2554) กาแฟอราบิก้า (ชวลิต และนริศ, 2548) และปาล์มน้ำมัน (ชัยรัตน์ และคณะ, 2544) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า หากโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่า 62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาจเกิดสภาวะปฏิปักษ์ทำให้ยางพาราดูดแมกนีเซียมได้ลดลง ส่งผลให้ความยาวเส้นรอบวงลำต้นของยางพาราก่อนเปิดกรีดลดลง (สายใจ, 2554)

แปลงในที่ลุ่มมีร้อยละโพแทสเซียมในใบต่ำน้อยกว่าแปลงในที่ดอน (ตารางที่ 3.6 และ 3.7) ทั้ง ๆ ที่ดินในที่ลุ่มมีแปลงที่มีโพแทสเซียมต่ำมากกว่าดินในที่ดอน (ตารางที่ 3.3 และ 3.4) และดินในที่ดอนและที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่า ๆ กัน (รูปที่ 3.1) อาจเนื่องจากดินในที่ลุ่มมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาจาก Fixed-K ซึ่งมีมากกว่าในดินที่ดอน ดังนั้น เมื่อประเมินสถานะโพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554) พบว่า ยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ดอนร้อยละ 95 และในที่ลุ่มร้อยละ 93 มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (ตารางที่ 3.6) คือ ต่ำกว่า 13.5 กรัม/กิโลกรัม สอดคล้องกับเมื่อนำโพแทสเซียมในใบมาประเมินโดยใช้เกณฑ์ของสายใจ (สายใจ, 2554) ที่พบว่า ยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (ตารางที่ 3.6) เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า ยางพาราก่อนเปิดกรีดในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช (สายใจ, 2554) และยางพาราก่อนเปิดกรีดในอำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) มีโพแทสเซียมในใบต่ำ แต่หากประเมินโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (Karthikakuttyamma *et al*., 2000) พบว่า ยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบต่ำ (< 10.0 ก./กก.) แต่ยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบปานกลาง (10.0 - 15.0 ก./กก.) ทั้งนี้เนื่องจากค่าในช่วงระดับต่ำของเกณฑ์สถาบันวิจัยยางอินเดีย (< 10.0 ก./กก.) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยาง (< 13.5 ก./กก.) แต่เท่ากับเกณฑ์ของสายใจ (< 10.0 ก./กก.) ดังนั้นร้อยละของแปลงที่มีโพแทสเซียมในใบต่ำเมื่อเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางจึงมีมากกว่าเมื่อใช้เกณฑ์ของสายใจและเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย ในขณะที่ค่าในช่วงระดับปานกลางของเกณฑ์สถาบันวิจัยยาง (13.6 - 16.5 ก./กก.) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ของสายใจ (10.0 - 14.0 ก./กก.) และเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย (10.0 - 15.0 ก./กก.) ดังนั้น จึงพบร้อยละแปลงที่มีโพแทสเซียมในใบระดับปานกลางมากเมื่อเทียบโดยใช้เกณฑ์สถาบันวิจัยยางอินเดีย โดยเฉพาะในยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ลุ่มซึ่งมีโพแทสเซียมในใบระดับปานกลางถึงร้อยละ 54 (ตารางที่ 3.6)

โพแทสเซียมในใบยางพาราหลังเปิดกรีดในที่ดอนร้อยละ 68 และในที่ลุ่มร้อยละ 67 ของแปลงที่ใช้ศึกษาอยู่ในระดับต่ำ (ต่ำกว่า 13.5 ก./กก.) เมื่อเทียบโดยใช้เกณฑ์ของสถาบันวิจัยยาง (นุชนารถ, 2554) แต่เมื่อเทียบกับเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางอินเดีย พบว่าโพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนร้อยละ 56 และในที่ลุ่มร้อยละ 83 อยู่ในระดับปานกลาง (10.0 - 15.0 ก./กก.) (ตารางที่ 3.7) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าค่าวิกฤตโพแทสเซียมในใบของเกณฑ์สถาบันวิจัยยางอาจเป็นค่าที่สูงเกินจริง ในขณะที่ค่ามาตรฐานโพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่รายงานโดยสายใจและสถาบันวิจัยยางอินเดียมีช่วงที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3.6) และใกล้เคียงกับค่าวิกฤตโพแทสเซียมในใบที่ได้จากการทำนายที่มีค่าเท่ากับ 13.5 กรัม/กิโลกรัม (Joseph *et al*., 1998) เมื่อนำค่าจากการทำนายมาเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่า ค่าวิกฤตโพแทสเซียมในใบที่ได้จากการทำนายอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับเกณฑ์สถาบันวิจัยยางอินเดียและของสายใจ แต่อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์สถาบันวิจัยยาง

ในดินปลูกยางพาราหากมีแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงจะส่งผลให้ยางพาราดูดโพแทสเซียมในดินได้น้อย ส่งผลให้โพแทสเซียมในใบลดลง (Yogaratnam and Mel, 1985) แม้ว่าดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพียงพอ แต่โดยทั่วไปดินปลูกยางพาราไม่ได้รับแมกนีเซียมจากปุ๋ย ในแปลงปลูกยางพาราที่ปลูกติดต่อกันเป็นรอบที่ 2 และ 3 ดินอาจมีแมกนีเซียมต่ำ (< 34.46 มก./กก.) แปลงที่มีแมกนีเซียมต่ำจึงควรใส่ปุ๋ยคีเซอไรต์ ในอัตรา 80 กรัม/ต้น/ปี (นุชนารถ และคณะ, 2537) ส่วนแปลงที่มีแมกนีเซียมสูงก็ไม่จำเป็นต้องใส่ ในดินที่มีแมกนีเซียมสูงทำให้พืชดูดใช้โพแทสเซียมได้น้อยลง ซึ่งพบได้ในยางพารา (นุชนารถ และคณะ, 2537; สุนทรีย์ และจินตนา, 2549; Iqbal and Yogaratnam, 1995) มะพร้าว (Jeganathan, 1990) ลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2550) และปาล์มน้ำมัน (สุนีย์, 2540) ทั้งนี้มีรายงานสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เหมาะสมในใบลองกอง (จำเป็น และคณะ, 2549) โดยโพแทสเซียมต่อแคลเซียมควรอยู่ในช่วง 1.5 - 2.1 โพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมควรอยู่ในช่วง 6.2 - 7.7 และแคลเซียมต่อแมกนีเซียมควรอยู่ในช่วง 3.7 - 5.1 จึงเหมาะสม ในขณะที่ยางพาราก่อนเปิดกรีดสัดส่วนของธาตุดังกล่าวมีค่าต่ำกว่า โดยสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมเท่ากับ 3.2 - 4.2 และสัดส่วนของโพแทสเซียมต่อแคลเซียมเท่ากับ 0.8 - 1.4 (สายใจ, 2554)

1.5 โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่ม

ยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและที่ลุ่มมีโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราไม่แตกต่างกันทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 3.8) ยางพาราหลังเปิดกรีดมีโพแทสเซียมในเซรัมสูงกว่าก่อนเปิดกรีด โดยยางพาราก่อนเปิดกรีดในที่ดอนและที่ลุ่มมีค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรัมเท่ากับ 38.12 และ 35.76 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิด

กรีดมีค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรัมเท่ากับ 56.85 และ 59.36 มิลลิโมลาร์ ในที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ สอดคล้องกับที่มีรายงานโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราเท่ากับ 30 - 80 มิลลิโมลาร์ (d'Auzac and Jacob, 1989) และใกล้เคียงกับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราหลังเปิดกรีดในอำเภอคลองหอยโข่ง (49.89 - 54.30 มิลลิโมลาร์) และที่อำเภอเทพา (49.89 - 54.30 มิลลิโมลาร์) ในจังหวัดสงขลา (วารุณี และจำเป็น, 2556)

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายซูโครส ที่เป็นสารตั้งต้นในการสร้างน้ำยางพาราเข้าสู่ท่ออาหาร (phloem) ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ (ยงยุทธ, 2552) และเป็นตัวกระตุ้นเอมไซม์ไพรูเวตคีเนส (pyruvate kinase) ในการเปลี่ยนฟอสโฟอีนอลไพรูเวต (phosphoenol pyruvate; PEP) เป็นไพรูเวต (pyruvate) ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นอะซีทิลโคเอ (acetyl-CoA) เพื่อใช้สร้างน้ำยางพารา (Jacob *et al*., 1989) นอกจากนั้น โพแทสเซียมยังเกี่ยวข้องกับการควบคุมสมดุลน้ำในพืชและทำให้ผลผลิตน้ำยางพาราเพิ่มขึ้น (Joseph *et al.,* 1998) การกรีดยางพาราเป็นการกระตุ้นการสร้างน้ำยางพาราทดแทน ซึ่งใช้เวลา 48 - 72 ชั่วโมง (สถาบันวิจัยยาง, 2555) เมื่อมีการกรีดยางพารา ส่งผลให้ความดันภายในท่อน้ำยางลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผนังของท่อน้ำยางหดตัวขับน้ำยางพาราให้ไหลออกมา และมีการรักษาสมดุลน้ำในเซลล์ท่อน้ำยางโดยน้ำจากเซลล์ข้างเคียงหรือจากท่อน้ำ (xylem) และท่ออาหาร ซึ่งภายในท่ออาหารโพแทสเซียมสามารถเคลื่อนย้ายได้ (ยงยุทธ, 2552) จึงซึมผ่านผนังเซลล์เข้าสู่ท่อน้ำยางพาราซึ่งอยู่ภายในท่ออาหาร ดังนั้น จึงส่งผลให้ในยางพาราหลังเปิดกรีดมีโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราสูงกว่าในยางพาราก่อนกรีด สอดคล้องกับที่มีรายงานว่ายางพาราอายุ 5 ปีที่เปิดกรีดก่อนกำหนดมีโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราสูงกว่ายางพาราที่มีอายุใกล้เคียงกันแต่ยังไม่เปิดกรีด (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ข)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

2.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน

Water-K, Exch-K และ NH_4OAc-K มีความสัมพันธ์กันสูงทั้งดินในที่ดอนและในที่ลุ่ม (ตารางที่ 3.9) สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่าง Water-K กับ NH_4OAc-K ของดินอันดับอัลทิซอลส์ (r = 0.88) และออกซิซอลส์ (r = 0.90) (Darunsontaya *et al*., 2009) ทั้งนี้การใช้แอมโมเนียมอะซิเทตสามารถสกัด Water-K และ Exch-K ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้ออกมาได้ ดินในที่ดอนมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง NH_4OAc-K กับ Exch-K สูงถึง 0.98 แต่เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวแบบแพทโคเอฟฟิเชียนท์ กลับพบว่า เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Exch-K เพียง 0.12 แต่ผ่านอิทธิพลทางอ้อมของ HNO_3-K สูงถึง 0.98 (ตารางที่ 3.10) ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินในที่ดอนมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและอนุภาคดินเหนียวต่ำ จึงทำให้พบความสัมพันธ์ดังกล่าวต่ำ ดังนั้น การประเมินโพแทสเซียมรูป HNO_3-K สำหรับดินในที่ดอนน่าจะสะท้อนความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินได้ดี เนื่องจาก HNO_3-K เป็นผลรวมของ NH_4OAc-K และ Fixed-K ซึ่ง NH_4OAc-K เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในขณะที่ Fixed-K เป็นรูปที่เป็นแหล่งสำรองโพแทสเซียมในดินที่ค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้า ๆ ดังนั้น หากทราบโพแทสเซียมทั้งสองรูปก็จะทราบถึงศักยภาพของดินในที่ดอนที่จะเป็นแหล่งให้โพแทสเซียม เพราะมีรายงานว่า Fixed-K สามารถปลดปล่อยเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้ทั้งฤดูปลูก (Havlin *et al*., 2005) ส่วนดินในที่ลุ่มมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง NH_4OAc-K กับ Exch-K สูงถึง 0.97 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวแบบแพทโคเอฟฟิเชียนท์ พบว่า เกิดจากอิทธิพลทางตรงของ Exch-K สูงถึง 0.75 (ตารางที่ 3.10) สอดคล้องกับที่รายงานว่า การใช้ NH_4OAc สามารถประเมิน Exch-K ซึ่งมีประมาณร้อยละ 90 ของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (Brady and Weil, 2008) และเหมาะสมในดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ (Nilawonk *et al*., 2008)

ในการศึกษาครั้งนี้พบค่า r ระหว่าง HNO_3-K กับ Fixed-K สูงทั้งดินในที่ดอน (r = 0.65) และดินในที่ลุ่ม (r = 0.81) และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวแบบแพทโคเอฟฟิเชียนท์ พบว่า ในดินที่ดอนความสัมพันธ์ระหว่าง HNO_3-K กับ Fixed-K เกิดจากอิทธิพลโดยตรงของ Fixed-K สูงถึง 0.51 เช่นเดียวกับดินในที่ลุ่มที่ความสัมพันธ์ดังกล่าวเกิดจากอิทธิพลโดยตรงของ Fixed-K สูงถึง 0.69 และเมื่อนำ HNO_3-K และ Fixed-K มาสร้างสมการถดถอยพบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) สูง ระหว่าง HNO_3-K กับ Fixed-K ทั้งดินในที่ดอนและดินในที่ลุ่ม (รูปที่ 3.4) โดยมีสมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HNO_3-K กับ Fixed-K ในดินดังนี้

ดินในที่ดอน $y = 0.36x + 1.28$; $r^2 = 0.51$

ดินในที่ลุ่ม $y = 0.72x - 10.98$; $r^2 = 0.70$

เมื่อ y คือ Fixed-K (มก./กก.) และ x คือ HNO_3–K (มก./กก.)

เมื่อทราบความเข้มข้น HNO_3-K จึงสามารถใช้คาดคะเนความเข้มข้น Fixed-K ได้ โดยการแทนค่า HNO_3-K ลงในสมการความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยไม่ต้องวิเคราะห์ HNO_3-K กับ NH_4OAc-K แล้วนำมาหักลบกัน หากดินมี Fixed-K สูงแสดงว่าดินมีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองสูงและเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมในดินในระยะยาวได้ ทั้งนี้ค่า r^2 ระหว่าง HNO_3-K กับ Fixed-K ของดินในที่ลุ่มมีค่าสูง (r = 0.81) เช่นเดียวกับที่พบในดินที่ลุ่มอันดับเวอร์ทิซอลส์ที่มีแร่สเมกไทต์เด่น (r = 0.99) (Ngwe *et al*., 2012) ทั้งนี้เกิดจากปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียวที่แตกต่างกัน ในดินที่ดอนในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ (Darunsontaya, 2011) ในขณะที่ดินในที่ลุ่มในประเทศไทยยังคงพบแร่ดินเหนียวอิลไลต์ร่วมอยู่ (Prakongkep, 2008) ดังนั้น เมื่อใช้กรดไนทริกสกัดโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินที่ลุ่มจึงส่งผลให้ Fixed-K ระหว่างผลึกซึ่งมีอยู่สูงในอิลไลต์ออกมา ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์แพทโคเอฟฟิเชียนท์ที่พบว่า HNO_3-K มีความสัมพันธ์กับ Fixed-K (ตารางที่ 3.11) ดังนั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวในดินที่ลุ่มจึงมีค่าสูงกว่าดินในที่ดอนซึ่งส่วนใหญ่มีแร่เคโอลิไนต์ที่มี Fixed-K ต่ำ

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินกับสมบัติของดิน

โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า สอดคล้องกับในดินปลูกถั่วพิตาชิโอ (pistachio) ที่พบความสัมพันธ์สูงระหว่าง Water-K กับค่าการนำไฟฟ้า (r = 0.79) (Hosseinfard *et al*., 2010) ค่าการนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ในดิน ปุ๋ยที่ใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียม เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) ก็อยู่ในรูปของเกลือ ดังนั้น เมื่อใส่โพแทสเซียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมซัลเฟตในดินจึงอาจส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุ โดยเฉพาะรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ตารางที่ 3.12) เช่นเดียวกับที่มีรายงานค่า r ระหว่าง NH_4OAc-K กับอินทรียวัตถุในดินที่ลุ่มอันดับเวอร์ทิซอลส์ (r = 0.55) (Ngwe *et al*., 2012) อินทรียวัตถุเป็นแหล่งประจุลบในดิน ทำให้ดินดูดซับแคตไอออน รวมทั้งโพแทสเซียมได้ดีขึ้น ส่งผลให้ Exch-K ถูกดูดซับบริเวณผิวคอลลอยด์ดินหรืออินทรียวัตถุ ดังนั้น Water-K และ Exch-K จึงมีความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุสูง นอกจากนั้นพบความสัมพันธ์ระหว่าง HNO_3-K กับอินทรียวัตถุมีค่าต่ำ ในขณะที่มีรายงานว่า ดินในที่ดอนอันดับอัลทิซอลส์และออกซิซอลส์ ในประเทศไทยไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง HNO_3-K กับอินทรียวัตถุในดิน (Darunsontaya *et al*., 2011) แม้ว่า HNO_3-K จะสกัดโพแทสเซียมที่เป็น

ประโยชน์ และ Fixed-K ออกมา แต่ Fixed-K ไม่ได้เป็นส่วนที่ถูกดูดซับกับอินทรียวัตถุ แต่ถูกดูดซับในระหว่างผลึกของแร่ดินเหนียว (Ghosh and Singh, 2001) จึงส่งผลให้ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว Fixed-K มีความสัมพันธ์กับแคลเซียม (r = 0.20) และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (r = 0.37) นอกจากนั้น พบความสัมพันธ์ระหว่าง HNO_3-K กับแมกนีเซียมที่สกัดได้ (r = 0.36) เนื่องจากแร่ปฐมภูมิและทุติยภูมิที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น ไบโอไทต์ ($K(Mg,Fe)_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$) และอิลไลต์ ($(Si,Al)_8(Al,Fe,Mg)_4O_{20}(OH)_4$ เป็นแร่ที่มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (Sposito, 2008) ดังนั้น เมื่อใช้ HNO_3 ในการสกัดจึงสามารถสกัดแมกนีเซียมออกมา จึงทำให้พบความสัมพันธ์ดังกล่าว (ตารางที่ 3.12)

Exch-K มีความสัมพันธ์กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (r = 0.19) สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่าง Exch-K กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (r = 0.30) ในดินที่ดอนอันดับอัลทิซอลส์และออกซิซอลส์ในประเทศไทย (Darunsontaya *et al*., 2011) ดินเหนียวซึ่งมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงจะมีแคตไอออนที่ถูกดูดซับสูงกว่าดินทรายที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (Brady and Weil, 2008) อย่างไรก็ตาม เมื่อพืชดูดโพแทสเซียมที่ถูกดูดซับบริเวณผิวคอลลอยด์ไปใช้จึงทำให้โพแทสเซียมที่ถูกดูดซับลดลง ดังนั้น จึงส่งผลให้พบความสัมพันธ์ต่ำระหว่าง Exch-K กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน นอกจากนั้น พบความสัมพันธ์ระหว่าง Total-K กับอนุภาคดินเหนียว (r = 0.19) ในอนุภาคดินเหนียวมีส่วนที่เป็นแร่ดินเหนียวและแร่ปฐมภูมิ (อัญชลี, 2553) ซึ่งโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปองค์ประกอบของแร่มีประมาณร้อยละ 90 - 98 ของ Total-K (Havlin *et al*., 2005) ดังนั้น หากอนุภาคดินเหนียวมีแร่ที่มีโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบอยู่น้อยก็ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่าง Total-K กับอนุภาคดินเหนียวมีค่าต่ำเช่นกัน

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา

เมื่อโพแทสเซียมเข้าสู่รากโดยการแพร่จากที่มีความเข้มข้นสูงในดินผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ในรากเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำ (xylem) โพแทสเซียมและธาตุอื่น ๆ จะถูกเคลื่อนย้ายตามกระแสการคายน้ำไปยังบริเวณใบ ดังนั้น ใบจึงเป็นศูนย์รวมของธาตุอาหารที่พืชได้รับจากดิน เมื่อใบได้รับโพแทสเซียมและธาตุอื่น ๆ ส่วนหนึ่งก็จะถูกส่งเข้าท่ออาหาร (phloem) เพื่อลำเลียงไปสู่เซลล์ต่าง ๆ ในพืช (ยงยุทธ, 2552) โดยส่วนต่าง ๆ ของยางพารา เช่น ใบ ลำต้น ราก และน้ำยาง มีโพแทสเซียมอยู่ร้อยละ 0.89, 0.43, 0.52 และ 0.26 ตามลำดับ (สุนทรี และจินตนา, 2549) ดังนั้น จึงพบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบยางพารากับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา ทั้งยางพาราก่อนเปิดกรีด (r = 0.40) และหลังเปิดกรีด (r = 0.36) (ตารางที่ 3.14) และในไม้ผลก็พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบกับในผลมะม่วงสุก (r = 0.38) (นุจรี และคณะ, 2554)

การใส่ปุ๋ยส่งผลให้สถานะธาตุอาหารในน้ำยางพาราเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทชทำให้โพแทสเซียมในน้ำยางพารา (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ข; Waston, 1989) และในใบ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) เพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเทรตทำให้ระดับไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในน้ำยางพาราเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตส่งผลให้ฟอสฟอรัสและแคลเซียมในน้ำยางพาราเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ส่งผลให้โพแทสเซียมและฟอสฟอรัสในน้ำยางพาราเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมลดลง และการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมช่วยเพิ่มแมกนีเซียม แต่ลดโพแทสเซียมในน้ำยางพารา (Waston, 1989) และการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมทำให้แมกนีเซียมในน้ำยางเพิ่มขึ้นเช่นกัน (นุชนารถ, 2550 ก) ดังนั้น เมื่อยางพาราดูดธาตุอาหารจากดินก็จะนำธาตุอาหารส่วนหนึ่งไปใช้สร้างน้ำยางพาราและสร้างชีวมวล สอดคล้องกับที่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารากับโพแทสเซียมในใบยางพาราทั้งในระยะก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด (ตารางที่ 3.14) จึงมีความเป็นไปได้ถึงการนำเซรัมน้ำยางพารามาใช้ในการตรวจสอบสถานะธาตุอาหารของยางพารา เพราะยางพาราหลังเปิดกรีดสูงประมาณ 15 - 20 เมตร เก็บใบจากตำแหน่งที่เหมาะสมได้ไม่สะดวก อีกทั้งการเก็บน้ำยางพาราทำได้ง่ายกว่าการเก็บใบ ซึ่งการเก็บน้ำยางพาราจะเก็บบริเวณกึ่งกลางใต้รอยกรีด 5 เซนติเมตร (วารุณี และจำเป็น, 2556) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานช่วงเวลาที่เหมาะสมในรอบปีสำหรับเก็บน้ำยางพาราเพื่อตรวจสถานะธาตุอาหารเหมือนกับตัวอย่างใบที่ต้องมีอายุ 100 - 150 วันหลังจากผลิใบ เพราะเป็นช่วงที่ความแปรปรวนของธาตุอาหารในใบต่ำ (นุชนารถ, 2542) การวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำยางพาราเพื่อประเมินสถานะธาตุอาหารยังไม่เคยมีการศึกษา ดังนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมช่วงเวลาเหมาะสมที่เก็บในรอบปี และเกณฑ์มาตรฐานสำหรับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา เพื่อใช้ประเมินสถานะธาตุอาหารร่วมกับผลการวิเคราะห์ดินและใบ ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปุ๋ยโพแทชในสวนยางพาราให้สอดคล้องกับความต้องการโพแทสเซียมของยางพารายิ่งขึ้น

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา

ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ในดินกับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา สอดคล้องกับการศึกษาในดินปลูกไม้ผล เช่น ส้มสายน้ำผึ้ง (ภาวินี และคณะ, 2551) ทุเรียน (สุมิตรา และวิเชียร, 2546) มะม่วง (อัศจรรย์, 2545) และยางพารา (สมยศ และคณะ, 2536) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในดินกับธาตุอาหารในใบของพืชยืนต้น แต่ในพืชอายุสั้นพบความสัมพันธ์ระหว่าง NH_4OAc-K กับโพแทสเซียมที่ข้าวโพดดูดนำไปใช้ ($r = 0.94$) (สุรเชษฏ์, 2550) ในปัจจุบันการใช้แอมโมเนียมอะซิเทตเป็นสารสกัดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเป็นวิธีที่นิยมใช้ในประเทศไทย (คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี, 2536; สมศักดิ์,

2537; จำเป็น, 2547; สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547; จงรักษ์, 2550; พัชรี, 2552)

การวิเคราะห์ดินเป็นการประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินว่าเพียงพอที่พืชจะดูดนำไปใช้หรือไม่ ในขณะที่การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบเป็นสิ่งที่สะท้อนความสามารถของพืชในการดูดธาตุอาหารจากดินไปใช้ (สุมิตรา, 2544) ในพืชอายุสั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารในดิน เช่น การปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ในดินต้องใช้เวลานานกว่าอายุพืช ดังนั้น พืชจึงดูดธาตุอาหารที่มีอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ในดินไปใช้เท่านั้น จึงส่งผลให้พบความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารที่มีในดินกับที่พืชดูดนำไปใช้ ในขณะที่ดินปลูกพืชยืนต้นที่มีการใส่ปุ๋ย พืชจะดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ใส่ ทำให้ธาตุอาหารในพืชค่อย ๆ สูงขึ้น แต่ธาตุอาหารในดินค่อย ๆ ลดลง ประกอบกับการตอบสนองธาตุอาหารของพืชยืนต้นในสภาพธรรมชาตินั้นมีปัจจัยสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มาเกี่ยวข้องนอกเหนือจากปัจจัยด้านธาตุอาหาร (ปัทมา, 2547) เช่น ปัจจัยด้านภูมิอากาศที่แปรปรวน ปัจจัยดินทางด้านสมบัติเคมี กายภาพ และชีวภาพ และปัจจัยด้านพืช เช่น ความสามารถพิเศษของรากในการขับกรดอินทรีย์ (Onthong and Osaki, 2006) ช่วยปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้กลายเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ (Han and Lee, 2005) ดังนั้น จึงส่งผลให้ไม่ค่อยพบความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินกับปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดนำไปใช้ ในขณะที่พืชที่เจริญเติบโตตามธรรมชาติ ความอุดมสมบูรณ์ของดินขึ้นกับชนิดของหินหรือแร่ที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน ดังนั้น ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงธาตุอาหารที่พืชดูดนำไปใช้จึงมีความสัมพันธ์อย่างแท้จริงกับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่เดิมในดิน ในปัจจุบันได้มีการทดลองในสภาพไร่นาโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ธาตุนั้นๆ ในดินกับร้อยละผลผลิตสัมพันธ์ แล้วกำหนดเป็นช่วงระดับธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพืชนั้น ๆ (ปัทมา, 2547) อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวต้องใช้เวลานานและทำได้ยาก

ในการศึกษาครั้งนี้พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในดินรูป Fixed-K กับโพแทสเซียมในใบ และในเซรัมน้ำยางพารา (ตารางที่ 3.13) เช่นเดียวกับดินปลูกถั่วเหลืองที่พบความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับโพแทสเซียมในส่วนเหนือดิน ($r = 0.91$) (Taiwo *et al*., 2010) ดังนั้น ในดินปลูกยางพาราจึงควรวิเคราะห์ Fixed-K ร่วมกับ NH_4OAc-K เพราะดินที่มี Fixed-K สูงจะเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมเพิ่มเติมในระยะยาวได้ดีกว่าดินที่มี Fixed-K ต่ำ (Ghosh and Singh, 2001) โดย Fixed-K จะค่อย ๆ ปลดปล่อยโพแทสเซียมเมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลง (Benipal and Pasricha, 2002; Brady and Weil, 2008) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า Fixed-K สามารถเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชในฤดูกาลปลูก (Havlin *et al*., 2005) เช่นเดียวกับดินที่มีแร่อิลไลต์ (Darunsontaya *et al*., 2012) และ

สเมกไทต์ (Nilawonk *et al*., 2008) สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในดินได้ อย่างไรก็ตาม ควรมีการใส่ปุ๋ยโพแทชเพื่อรักษาระดับ Fixed-K ในดิน

3. แนวทางการจัดการโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา

ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ศึกษามีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (โพแทสเซียมในสารละลายดิน และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ใกล้เคียงกัน แต่โพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรอง (โพแทสเซียมที่ถูกตรึง และโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่) พบว่าดินในที่ดอนมีต่ำกว่าดินในที่ลุ่มมาก (ตารางที่ 3.2) ดินปลูกยางพาราที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำจะต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มโพแทสเซียมให้เพียงพอกับความต้องการของยางพารา ปัจจุบันสถาบันวิจัยยางแนะนำปุ๋ยสูตร 29-5-18 สำหรับยางพาราหลังเปิดกรีดในทุกพื้นที่ อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น/ปี คิดเป็นโพแทสเซียม 11.35 กิโลกรัม/ไร่/ปี (ยาง 76 ต้น/ไร่) และในน้ำยางพาราสด 1,000 กิโลกรัม สูญเสียโพแทสเซียม 25 กิโลกรัม (สถาบันวิจัยยาง, 2550) ดังนั้น จึงสูญเสียโพแทสเซียมไปกับน้ำยางพารา 17.76 กิโลกรัม/ไร่/ปี (ผลผลิตยางแห้ง = 297 กก./ไร่/ปี และ % เนื้อยางแห้ง = 41.8) ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าที่ได้รับจากการใส่ปุ๋ย หากใส่ปุ๋ยน้อยกว่าที่สูญเสียออกไป ในระยะยาวอาจทำให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง เหมือนที่พบในดินปลูกยางพาราในสาธารณรัฐประชาชนจีน (Chun-man *et al*., 2007)

ดินปลูกยางพาราในที่ดอนส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบ ดินมีความสามารถในการดูดซับและตรึงโพแทสเซียมได้ต่ำ เมื่อเติมโพแทสเซียมลงไปในดินทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในสารละลายดินมีสูง อย่างไรก็ตาม จังหวัดสงขลามีฝนตกชุกจึงส่งผลให้ในดินเนื้อหยาบมีโอกาสสูญเสียโพแทสเซียมออกไปจากดินโดยกระบวนการชะละลายได้ง่าย ดังนั้นในดินเนื้อหยาบซึ่งมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนต่ำจึงควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ หรือใส่อินทรียวัตถุเพิ่มเติม เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นแหล่งของประจุลบในดิน ช่วยให้ดินดูดซับโพแทสเซียมไม่ให้สูญเสียออกไปโดยการชะละลายได้ง่าย นอกจากนั้น เมื่ออินทรียวัตถุเกิดการย่อยสลายก็จะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมให้แก่ยางพารา เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ยางพาราเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (ลิขิต และคณะ, 2534) และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีและสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีได้ (ลิขิต และคณะ, 2534; นุชนารถ และประสาท, 2547) ดังนั้น จึงมีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์แก่ยางพาราอย่างน้อย 2 กิโลกรัม/ต้น/ปี ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตรแนะนำ (นุชนารถ, 2554)

ดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียดมีประจุไฟฟ้าเป็นลบสูงกว่าดินในที่ดอน ดังนั้น เมื่อเติมโพแทสเซียมลงไป โพแทสเซียมส่วนหนึ่งจะถูกตรึงไว้ ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในขณะนั้นลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมที่ถูกตรึงจะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ ในดินเนื้อละเอียดมี Total-K สูง ซึ่ง Total-K ส่วนใหญ่เป็นโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นองค์ประกอบของแร่ ซึ่งสามารถปลดปล่อยออกมาได้โดยการผุพังสลายตัว แต่ต้องใช้เวลานาน อย่างไรก็ตาม ยางพารา (Onthong and Osaki, 2006) สามารถขับกรดออกซาลิก (oxalic acid) รวมถึงแบคทีเรียบางชนิดที่อยู่ในดิน เช่น *Bacillus mucilaginosus* (Han and Lee, 2005) และ *Bacillus cereus* (Bare, 2006) สามารถขับกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดบิวทิริก (butyric acid) กรดไพรูวิก (byruvic acid) และกรดฟอร์มิก (formic acid) ออกมาสู่ดินได้ กรดอินทรีย์ดังกล่าวช่วยให้เกิดพันธะกับอะตอมของโลหะในองค์ประกอบของแร่ หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยา Chelation (Badr *et al*., 2006; Brady and Weil, 2008) แร่จึงค่อย ๆ สลายตัวและปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาได้เร็วกว่าการผุพังสลายตัวตามธรรมชาติ ดินในที่ลุ่มซึ่งมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่สูง จึงสามารถเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่ยางพารานำไปใช้ในระยะยาวได้ดีกว่าดินในที่ดอนซึ่งมีโพแทสเซียมในรูปที่เป็นแหล่งสำรองต่ำ ดังนั้น โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มจึงสูงกว่าในยางพาราที่ปลูกในที่ดอน ทั้ง ๆ ที่ดินมี NH_4OAc-K ใกล้เคียงกัน ดินในที่ลุ่มที่มีอินทรียวัตถุต่ำควรใส่อินทรียวัตถุหรือปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย การย่อยสลายของอินทรียวัตถุทำให้เกิดกรดอินทรีย์ ซึ่งช่วยให้แร่เกิดการสลายตัว (Singh *et al*., 2002) นอกจากนั้น ดินเนื้อละเอียดมีความพรุนต่ำกว่าดินเนื้อหยาบ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จึงควรใส่อินทรียวัตถุเพื่อช่วยให้ดินมีความพรุนรวมถึงการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น

แม้ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ซึ่งเป็นส่วนสำรองโพแทสเซียมในดิน แต่ในระยะยาวจะส่งผลให้ Fixed-K (Hosseinifard *et al*., 2010; Darunsontaya *et al*., 2012; Ulaganathan *et al*., 2012) และ Total-K ลดลงได้ (Karthikakuttyamma *et al*., 1998; Ulaganathan *et al*., 2012) ดังนั้นจึงควรใส่ปุ๋ยเพื่อรักษาสมดุลโพแทสเซียมในดิน แม้ยางพาราจะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทชได้ดีเมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (นุชนารถ, 2550)

ปัจจุบันการใส่ปุ๋ยให้สอดคล้องกับความต้องการของยางพารา จะใช้การประเมินโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ร่วมกับประเมินสถานะในใบ แต่ในยางพาราไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินกับโพแทสเซียมในใบ (ตารางที่ 3.13) สอดคล้องกับที่มีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ (สมยศ และคณะ, 2536) และในไม้ผล (อัศจรรย์, 2545; สุมิตรา และวิเชียร, 2546; ภาวินี และคณะ, 2551) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตามพบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับโพแทสเซียมในใบ ดังนั้น ดินปลูกยางพาราจึงควรพิจารณาโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองร่วมกับการประเมินโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ในดิน โดยเฉพาะดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มซึ่งมีแหล่งสำรองโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งค่อย ๆ ปลดปล่อยมากกว่าดินในที่ดอน นอกจากนั้น ภาครัฐควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการบันทึกประวัติการใช้ปุ๋ย รวมถึงผลผลิตน้ำยางพารา สำหรับใช้พิจารณาสมดุลโพแทสเซียมที่ได้รับและสูญเสียในแต่ละปี เพื่อไม่ให้ใส่ปุ๋ยโพแทชต่ำกว่าที่สูญเสีย รวมถึงควรส่งเสริมการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินหรือทดสอบดิน เพราะการใช้ปุ๋ยตามค่าทดสอบดินพบว่า ทำให้ยางพาราก่อนเปิดกรีดเติบโตดีและเปิดกรีดได้เร็วกว่าการใช้ปุ๋ยสูตรแนะนำ (สิทธิชัย และคณะ, 2556 ก) เช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในยางพาราหลังเปิดกรีดที่พบว่า ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและลดค่าปุ๋ยที่ใช้ ส่งผลให้มีผลตอบแทนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกร (นุชนารถ และคณะ, 2551) และควรจัดเจ้าหน้าที่อบรมวิชาการเรื่องดินและปุ๋ยให้แก่เกษตรกร เพราะเกษตรกรปลูกยางพาราในที่ดอนส่วนใหญ่ได้รับความรู้เรื่องดินและปุ๋ยจากกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (สกย.) แต่เกษตรกรในที่ลุ่มได้จากเพื่อนบ้านและหมอดินอาสา (หทัยกานต์ และคณะ, 2556) เช่นเดียวกับเกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมันที่ได้รับความรู้การใช้ปุ๋ยจากร้านค้าปุ๋ยมากกว่าการศึกษาด้วยตนเองจากเอกสาร ตำรา และสื่อต่างๆ (ชัยรัตน์ และคณะ, 2551) ดังนั้น หากเกษตรได้รับความรู้ดังกล่าว และนำมาใช้ในการจัดการปุ๋ยโพแทชในดินปลูกยางพาราโดยใส่โพแทสเซียมในดินสูงกว่าที่สูญเสียร่วมกับการพิจารณาโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินก็จะสามารถรักษาระดับโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินไม่ให้ลดลงได้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดลองเรื่องสถานะโพแทสเซียมในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลา แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ 1) สถานะโพแทสเซียมในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา และ 2) ความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ใบ และเซรัมน้ำยางพารา สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. **สถานะโพแทสเซียมในดิน** ดินบนในที่ดอนและในที่ลุ่มมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35 และ 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จัดว่าต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (40 - 60 มก./กก.) ซึ่งกำหนดโดยสถาบันวิจัยยาง ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองที่จะค่อย ๆ เป็นประโยชน์ในดิน คือ โพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน พบว่า ดินในที่ดอนมีโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองต่ำกว่าดินในที่ลุ่มมาก โดยมีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินบนเท่ากับ 19 และ 35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนโพแทสเซียมทั้งหมดในดินซึ่งส่วนใหญ่เป็นโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่มี 1,865 และ 7,702 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินที่ดอนและในที่ลุ่ม ตามลำดับ
2. **สถานะโพแทสเซียมในใบ** โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนมีแนวโน้มต่ำกว่าในที่ลุ่มเล็กน้อย โดยพบทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในใบยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่าเท่ากับ 9.26 และ 10.34 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่า 12.65 และ 12.84 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แปลงปลูกยางพาราส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมในใบต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (13.6 - 16.5 ก./กก.) ซึ่งกำหนดโดยสถาบันวิจัยยาง
3. **สถานะโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา** โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยพบทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีดและหลังเปิดกรีด ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในที่ดอนและในที่ลุ่มมีค่า 38.12 และ 35.76 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดมีค่า 56.85 และ 59.36 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ

4. ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน โพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยแอมโมเนียมอะซิเทตมีความสัมพันธ์กันสูงทั้งดินในที่ดอนและดินในที่ลุ่ม แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมทั้ง 3 รูปดังกล่าวกับโพแทสเซียมที่ถูกตรึงและโพแทสเซียมทั้งหมดซึ่งเป็นแหล่งสำรองโพแทสเซียมในดิน แต่พบความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกตรึงกับโพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนทริกทั้งดินในที่ดอนและดินในที่ลุ่ม ดังนั้น สามารถใช้โพแทสเซียมที่สกัดได้โดยกรดไนทริกทำนายความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินที่ดอน (r^2 = 0.51) และในที่ลุ่ม (r^2 = 0.70) ได้

5. ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในดินกับโพแทสเซียมในใบและเซรัมน้ำยางพารา โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน ส่วนใหญ่ไม่มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารา ยกเว้น โพแทสเซียมที่ถูกตรึงที่ความลึกของดิน 0 - 30 เซนติเมตร มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบ (r = 0.33) และโพแทสเซียมที่ถูกตรึงที่ความลึกของดิน 30 - 60 เซนติเมตร มีความสัมพันธ์กับโพแทสเซียมในใบ (r = 0.31) และโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา (r = 0.33) นอกจากนั้น โพแทสเซียมในใบและในเซรัมน้ำยางพารามีความสัมพันธ์กัน โดยพบทั้งในยางพาราก่อนเปิดกรีด (r = 0.40) และหลังเปิดกรีด (r = 0.36) ดังนั้น การวิเคราะห์โพแทสเซียมในน้ำยางพาราจึงสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดศักยภาพการดูดใช้โพแทสเซียมในดินได้เช่นเดียวกับค่าวิเคราะห์ใบ

6. แนวทางการจัดการปุ๋ยโพแทชในดินที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพารา ดินปลูกยางพาราที่ใช้ศึกษาในที่ดอนและในที่ลุ่มส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ ดังนั้น จึงควรใส่ปุ๋ยโพแทชโดยให้มีโพแทสเซียมมากกว่าปริมาณที่สูญเสียออกไปจากดิน แม้ว่า ดินมีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาชดเชยจากส่วนที่เป็นแหล่งสำรอง เมื่อใส่ปุ๋ยในดินที่ดอนซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบ โพแทสเซียมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ แต่ในดินที่ลุ่มซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินละเอียดโพแทสเซียมส่วนหนึ่งจะถูกตรึงไว้ ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในขณะนั้นลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม โพแทสเซียมที่ถูกตรึงไว้จะค่อย ๆ เป็นประโยชน์ และเป็นผลดีในแง่การรักษาโพแทสเซียมไว้ในดินไม่ให้สูญเสียออกโดยกระบวนการชะละลาย ดังนั้น ในดินเนื้อหยาบซึ่งมีความสามารถดูดซับโพแทสเซียมไว้ได้ต่ำจึงควรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรืออินทรียวัตถุร่วมกับการใช้ปุ๋ยสูตรแนะนำ เพื่อให้ดินมีความสามารถในการดูดซับโพแทสเซียมได้ดีขึ้น ส่วนดินในที่ลุ่มที่มีอินทรียวัตถุต่ำก็ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย

เช่นกัน เพื่อช่วยให้ดินมีความโปร่ง นอกจากนั้น กรดอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุก็จะช่วยให้แร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในดินได้เช่นกัน

7. **ข้อเสนอแนะ** ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมหาพันธุ์ยางพาราที่สามารถปลดปล่อยกรดออกซาลิกออกมาได้สูง หรือการนำแบคทีเรีย *Bacillus mucilaginosus* และ *Bacillus cereus* รวมถึงแบคทีเรียที่สามารถขับกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดบิวทิริก กรดไพรูวิก กรดฟอร์มิก และกรดอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่สามารถทำให้แร่ในดินเกิดการสลายตัวได้มาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ เพื่อใช้ปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา โดยเฉพาะในดินเนื้อละเอียดซึ่งมีโพแทสเซียมทั้งหมดในดินสูง ควรมีการศึกษาการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้กลายเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในกลุ่มดินต่าง ๆ โดยเฉพาะในดินเนื้อละเอียดซึ่งมีโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่อยู่ในปริมาณสูง เพื่อวางแผนจัดการปุ๋ยโพแทชในดินปลูกยางพาราได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมช่วงเวลาเหมาะสมในการเก็บน้ำยางพาราในรอบปีและมีเกณฑ์มาตรฐานสำหรับโพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารา เพื่อใช้ประเมินสถานะธาตุอาหารร่วมกับผลการวิเคราะห์ดินและใบ

กล่าวโดยสรุป ดินปลูกยางพาราที่ดอนและที่ลุ่มในจังหวัดสงขลามีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกันและส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองในดินพบว่า ดินในที่ดอนมีต่ำกว่าดินในที่ลุ่มมาก โพแทสเซียมในใบยางพาราที่ปลูกในที่ดอนมีแนวโน้มต่ำกว่าในใบยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มเล็กน้อย แต่โพแทสเซียมในเซรัมน้ำยางพารามีค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้น พบความสัมพันธ์ระหว่าง Fixed-K กับโพแทสเซียมในใบยางพารา ดังนั้น ดินปลูกยางพาราจึงควรวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ร่วมกับ Fixed-K โดย Fixed-K ทราบได้จากการใช้ความเข้มของ HNO_3-K ทำนาย อย่างไรก็ตาม แม้โพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองในดินสามารถปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์แก่ยางพาราได้ แต่ในระยะยาวจะทำให้โพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองในดินลดลง ดังนั้น ดินในที่ดอนและในที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพาราจึงควรใส่ปุ๋ยโพแทชให้มีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าที่สูญเสียออกไปจากดิน และควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อปรับปรุงสมบัติดินทางกายภาพและทางเคมีให้ดินปลูกยางพาราในที่ดอนและในที่ลุ่มมีความเหมาะสมต่อการปลูกยางพารายิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพ ฯ : กรมวิชาการเกษตร.

กฤษดา สังข์สิงห์, มนต์สรวง เรืองขนาบ และพิเชษฐ ไชยพานิชย์. 2551. ผลของการขาดน้ำต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นยางพาราอายุ 3 เดือน. ว. วิชาการเกษตร 26 : 210-222.

เกษมศรี ซับซ้อน. 2542. การปลดปล่อยปริมาณโพแทสเซียมในดินนาสภาพน้ำขัง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2542 หน้า 227 - 234.

คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี. 2536. วิธีวิเคราะห์ดิน. กรุงเทพ ฯ : กรมวิชาการเกษตร.

คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์. 2554. คู่มือปฏิบัติการวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2550. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำเป็น อ่อนทอง. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จำเป็น อ่อนทอง, สายใจ กิ้มสงวน และพิรุณ ติระพัฒน์. 2549. ค่ามาตรฐานของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบลองกอง. ว. วิทย.กษ. 37 : 257-268.

จำเป็น อ่อนทอง, สุรชาติ เพชรแก้ว, สายใจ กิ้มสงวน และณรงค์ มะลี. 2550. ผลการใช้ปูนขาว ยิปซัม และโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารของต้นกล้าลองกอง (*Aglaie dookkoo Griff.*) . ว. สงขลานครินทร์ วทท. 29 : 655-667.

ชวลิต กอสัมพันธ์ และนริศ ยิ้มแย้ม. 2548. ผลของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบกาแฟอราบิก้าที่กำลังติดผล. วารสารเกษตร 21 : 27-35.

ชัยรัตน์ นิลนนท์, วิเชียร จาฏุพจน์, วรรณา เลี้ยววาริณ และสุภาณี ยงค์. 2538. สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมังคุดบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 17 : 381-393.

ชัยรัตน์ นิลนนท์ และวิเชียร จาฏุพจน์. 2539. การประเมินความอุดมสมบูรณ์และความต้องการธาตุอาหารของพืชอาหารสัตว์กระกูลถั่วในชุดดินคอหงส์. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 18 : 36-42.

ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และวรรณา เลี้ยววาริณ. 2544. ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 23 : 649-659.

ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และปราณี สุวรรณรัตน์. 2551. สภาพการทำสวนและการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมันของเกษตรจังหวัด สุราษฎร์ธานี. ว. ดินและปุ๋ย 30 : 12-22.

ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และปราณี สุวรรณรัตน์. 2553. หลักสำคัญของการจัดการสวนปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ. สงขลา : สถานีวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชุมสินธุ์ ทองมิตร. 2553. กรณีตัวอย่างการปลูกยางในพื้นที่ไม่เหมาะสม. นสพ. เคหการเกษตร 34 : 135-138.

ไชยา พัฒนกุล, สมพงศ์ สุขมาก และชูจิต ลีนะธรรม. 2523. ประวัติการปรับปรุงพันธุ์ยางในประเทศไทย. ว. ยางพารา 1 : 75-91.

ดาราก ร อัคฮาดศรี, อัญชลี สุทธิประการ และเอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2553. แหล่งของโพแทสเซียมสำหรับพืชของดินดอนที่มีพัฒนาการสูงภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อนของประเทศไทย. ว. วิทย.กษ. 41 : 111-120.

ถวิล ครุฑกุล. 2530. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวลศรี กาญจนกูล, สุวรรณีย์ ภูธรราช และขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. 2543. ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในประเทศไทย. กรุงเทพ ฯ : กองวิเคราะห์ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นุจรี บุญแปลง, นารี พันธุ์จินดาวรรณ และพรทิวา กัญยวงคศ์หา. 2554. ธาตุอาหารในใบและผลมะม่วงจากแหล่งปลูกต่างๆ ในประเทศไทย. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11-13 พฤษภาคม 2554 หน้า 46-47.

นุชนารถ กังพิศดาร, โสภา โพธิวัตถุธรรม, เวท ไทยนุกูล และสมยศ สินธุรหัส. 2522. การศึกษาชนิดของแร่ดินเหนียวและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินปลูกยางพารา. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2522 หน้า 161-162. กรุงเทพฯ : กองการยาง กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิสดาร, ลิขิต นวลศรี, ยุบล ลิมจิตติ, ชำนาญ บุญเลิศ, วีรพงศ์ ตันอภิรมย์ และไววิทย์ บูรณธรรม. 2537. การตอบสนองของยางหลังเปิดกรีดต่อปุ๋ย N P K และ Mg ในดินชุดคอหงส์. รายงานผลการวิจัยยางพาราปี 2537 หน้า 127-162. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร, พิเชษฐ์ ไชยพานิชย์ และชำนาญ บุญเลิศ. 2541. การใช้ระบบ FCC เพื่อศึกษาความเหมาะสมและจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกยางในเขตภาคใต้ตอนล่าง. รายงานการวิจัยยางพาราประจำปี พ.ศ. 2541 หน้า 29-116. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2542. การประเมินระดับธาตุอาหารพืชเพื่อแนะนำการใช้ปุ๋ยกับยางพารา. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2543. เอกสารวิชาการปุ๋ยยางพารา. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร และประสาท เกศวพิทักษ์. 2547. การจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตยางพารา. ว. ดินและปุ๋ย 26 : 169-189.

นุชนารถ กังพิศดาร, สุภาพร บังแก้ว, กรรณิการ์ ธีรวัฒนสุข, อุไร จันทรประทิน, ศุภมิตร ลิมปิชัย, พิชิต สพโชค และนุชนาฏ ณ ระนอง. 2547. เอกสารวิชาการยางพารา. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2548. การจัดการสวนยางพาราบนพื้นที่ไม่เหมาะสม. ว. กสิกร 76 : 44-48.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2550 ก. การใช้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินในสวนยาง. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2550 ข. การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับยางพาราหลังเปิดกรีดตามค่าวิเคราะห์ดิน. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร, ปูชิตา เปรมกระสิน และชำนาญ บุญเลิศ. 2551. การจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตยางให้เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ตามค่าวิเคราะห์ดิน. รายงานผลการวิจัยยางพาราปี 2551 หน้า 114-128. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2554. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยยางพารา ปี 2554. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2553. สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์.

ประภาศรี จงประดิษฐ์นันท์, พัชรินทร์ นามวงษ์, สมพร เหรียญรุ่งเรือง และสมภพ จงรวยทรัพย์. 2549. การสูญเสียธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกสับปะรด. ว. อนุรักษ์ดินและน้ำ 21 : 41-52.

ปราโมทย์ ทิมขำ, สมศักดิ์ มณีพงศ์, มนตรี อิสรไกรศีล และกฤษดา สังข์สิงห์. 2554. การประเมินสถานะธาตุอาหารโดยวิธี Omission trial เพื่อการจัดการดินปลูกยางพารา. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11-13 พฤษภาคม 2554 หน้า 36-37.

ปราโมทย์ สุวรรณมงคล, สมเจตน์ ประทุมมินทร์ และประเทือง ดลกิจ. 2527. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา. ว.ยางพารา 5 : 144-156.

ปราโมทย์ สุวรรณมงคล และสมเจตน์ ประทุมมินทร์. 2530. การปลูกยางพาราในดินที่ระบายน้ำเลว. ว. ยางพารา 8 : 18-30.

ปัทมา วิตยากร. 2547. ความอุดมสมบูรณ์ของดินขั้นสูง. ขอนแก่น : ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัชรี ธีรจินดาขจร. 2552. คู่มือวิเคราะห์ดินทางเคมี. ขอนแก่น : ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิเชษฐ ไชยพานิชย์, ไชยา พัฒนกุล, ดารุณี โกศัยเสรี, สุจินต์ แม้นเหมือน และยุทธกร ธรรมศิริ. 2541. ระดับธาตุอาหารพืชในดินตื้นที่ใช้ปลูกยางพาราในเขตปลูกยางใหม่. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541 หน้า 602-609. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

พเยาว์ ร่มรื่นสุขารมย์, รัชนี รัตนวงศ์, นภาวรรณ เลขะวิพัฒน์, กรรณิการ์ ธีระวัฒนสุข, บุตรี พุทธรักษ์ และสมบัติ พิงกุศล. 2546. การใช้เทคนิคทางชีวเคมีระบุคุณสมบัติพันธุ์ยาง. รายงานวิจัยประจำปี 2546 หน้า 95-119. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

พิศมัย จันทุมา. 2551. การกรีดยางและสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้อง. *ใน* เอกสารประกอบการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่กรมวิชาการเกษตรหลักสูตรวิชาการยาง หน้า 173-210. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

ภาวินี จันทร์วิจิตร, ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และนันทรัตน์ ศุภกำเนิด. 2551. การใช้ความสมดุลธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงผลผลิตและคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้ง : 2. การประเมินตำแหน่งใบส้มที่เหมาะสมสำหรับการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. วารสารเกษตร 24 : 117-124.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ระวี เจียรวิภา และอิบรอเฮม ยีดำ. 2553. การเจริญและผลผลิตยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) ในพื้นที่นาร้างและพื้นที่ดอน. ว. วิชาการเกษตร 28 : 58-74.

ลิขิต นวลศรี, สมศักดิ์ พุกพิบูล, นุชนารถ กังพิศดาร, โสภา โพธิวัตถุธรรม, ยุบล ลิมจิตดิ, ชำนาญ บุญเลิศ, จรูญ อ่อนแก้ว และสุภาพร บัวแก้ว. 2534. ปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตยางพารา. รายงานผลการวิจัยยางพาราปี 2534. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร. [Online] Available form http://it.doa.go.th/rrit/web/index.php ?p=p3&id=449. [Accessed June 10, 2011].

วารุณี อติศักดิ์กุล และจำเป็น อ่อนทอง. 2556. ผลของตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำยางสดต่อธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยาง. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 3 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-27 เมษายน 2556 หน้า 14.

วุฒิชาติ ศิริช่วยชู. 2550. ฐานข้อมูลดินภาคใต้เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.

เวท ไทยนุกูล และนุชนารถ กังพิศดาร. 2524. ธาตุอาหารสำหรับยางพารา. ว. ยางพารา 2 : 40-46.

เวท ไทยนุกูล และโสภา โพธิวัตถุธรรม. 2528. การใช้ปุ๋ยยางพาราหลังเปิดกรีด. ว. ยางพารา 6 : 129-141.

ศุภมิตร ลิมปิชัย, ชัยโรจน์ ธรรมรัตน์ และนิพนธ์ สิทธิณรงค์. 2541. การทดสอบพันธุ์ยางในสภาพพื้นที่ลาดชัน. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541 หน้า 358-366. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

สถาบันวิจัยยาง. 2549. การใช้ปุ๋ยในสวนยาง. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

สถาบันวิจัยยาง. 2550. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2550. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

สถาบันวิจัยยาง. 2554. คำแนะนำพันธุ์ยาง ปี 2554. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

สถาบันวิจัยยาง. 2555. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2555. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

สมยศ สินธุระหัส, อุดร เจริญแสง, สุทัศน์ ด่านสกุลผล และพิเชษฐ ไชยพานิชย์. 2536. ความสัมพันธ์ธาตุอาหาร K, Ca, Mg ในดินและใบยาง เพื่อแนะนำการใช้ปุ๋ยยาง. รายงานผลการวิจัยยางพาราปี 2536 หน้า 80-85. กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. การวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2551. การสำรวจธาตุอาหารเพื่อจัดทำค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืชสำหรับส้มโอ. ว. วิทย.กษ. 40 : 198-201.

สายใจ สุชาติกูล. 2554. การจัดทำค่ามาตรฐานเพื่อการวินิจฉัยสถานะธาตุอาหารในดินและใบสำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

สาริศา ศิริชมจันทร์. 2552. การปรับปรุงวิธีการประเมินความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับดินสเมกไทต์ที่ปลูกข้าวโพด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่ม 1. กรุงเทพ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการส่งออก. [Online] Available from http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. [Accessed August 1, 2013].

สิทธิชัย บุญมณี, จำเป็น อ่อนทอง และขวัญตา ขาวมี. 2556 ก. เปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยตามค่าทดสอบดินและปุ๋ยผสมสูตร 20-8-20 ในยางพาราก่อนเปิดกรีด. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 31 : 53-62.

สิทธิชัย บุญมณี, จำเป็น อ่อนทอง และขวัญตา ขาวมี. 2556 ข. ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางชีวเคมีในน้ำยางจากต้นยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ใส่ปุ๋ยตามค่าทดสอบดินและปุ๋ยเชิงผสมสูตร 20-8-20. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 3 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-27 เมษายน 2556 หน้า 15.

สุทัศน์ ด่านสกุลผล. 2543. การเพิ่มศักยภาพการใช้ที่ดินเพื่อการผลิตยาง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการยางพารา ประจำปี 2543 ณ โรงแรม เจ บี อ. หาดใหญ่ จ.สงขลา วันที่ 29-30 สิงหาคม 2543 หน้า 108-116.

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์ และจินตณา บางจั่น. 2549. ปริมาณธาตุอาหารหลักในต้นยางพาราพันธุ์ RRIM 600. ว. วิทย. กษ. 37 : 353-364.

สุนีย์ นิเทศพัตรพงศ์, ภิญโญ มีเดช, สุรกิตติ ศรีกุล และชาย โพธวิส. 2540. ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างธาตุโพแทสเซียมและธาตุแมกนีเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอร่าซึ่งปลูกในดินร่วนปนทราย. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540. สุราษฎร์ธานี : ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.[Online] Available from http://it.doa.go.th/palm/performance1.htm. [Accessed October 30, 2010].

สุภัทร อิศรางกูร ณ อยุทธยา, อโนมา ดงแสนสุข, รวมชาติ แต่พงษ์โสรัถ และธีระยุทธ นาคแดง. 2551. ความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศกับการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกภายใต้ระบบการให้น้ำ. ว. แก่นเกษตร 35 : 118-125.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2544. การจัดการธาตุอาหารสำหรับทุเรียน. กลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน ณ เค.ยู.โฮม 18-19 สิงหาคม 2544 หน้า 62-66.

สุมิตรา ภู่วโรดม และวิเชียร จาฏุพจน์. 2546. การใช้วิธีเส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับทุเรียน. ว. วิทย.กษ. 34 : 51-58.

สุรเชษฎ์ อร่ามรักษ์. 2550. ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมลิคสามและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต-ดีทีพีเอ ในการประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในบางชุดดินของประเทศไทย.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย - เกษตรศาสตร์.

หทัยกานต์ นวลแก้ว, จักรกฤษณ์ พูนภักดี, จุฑามาศ แก้วมโน และจำเป็น อ่อนทอง. 2556. การใช้ปุ๋ยและแนวทางการจัดการดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอนในจังหวัดสงขลา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (กำลังจัดพิมพ์).

องค์การสวนยาง. 2553. ประวัติยางพารา. [Online] Available from http://www.reothai.co.th/-Para1.htm. [Accessed October 30, 2010].

อรชุมา จงเจือกลาง และธนูชัย กองแก้ว. 2554. การจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมเฉพาะพื้นที่สำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 11-13 พฤษภาคม 2554 หน้า 48-49.

อัญชลี สุทธิประการ. 2553. แร่ในอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินเขตร้อน. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัศจรรย์ สุขธำรง. 2545. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อการเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพของมะม่วง. กรุงเทพ ฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

อิบรอเฮม ยีดำ และพิทยา ศิริสงคราม. 2534. รายงานผลการวิจัยเรื่อง การศึกษาความสำเร็จในการปลูกยางพาราในพื้นที่น้ำท่วมในฤดูฝน. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2544. การสำรวจดิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Badr, M. A. 2006. Efficiency of K-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. J. Appl. Sci. Res. 2 : 1191-1198.

Badr, M. A., Shafei, A. M. and Sharaf El-Deen, S. H. 2006. The dissolution of K and P bearing minerals by silicate dissolving bacteria and their effect on sorghum growth. Res. J. Agric. & Biol. Sci. 2 : 5-11.

Bedrossian, S. and Singh, B. 2004. Potassium adsorption characteristics and potassium form in some New South Wales soils in relation to early senescence in cotton. Aust. J. Soil. Res. 42 : 747-753.

Benipal, D. S. and Pasricha, N. S. 2002. Nonexchangeable K release and supplying power of Indo-Gangetic alluvial soils. Geoderma 108 : 197-206.

Brady, N. C. and Weil, R. R. 2008. The Nature and Properties of Soils. New Jersey : Pearson Education.

Chun-man, C., Ru-song, W. and Ju-sheng, J. 2007. Variation of soil fertility and carbon sequestration by planting *Hevea brasiliensis* in Kainan Island, Chaina. J. Environ. Sci. 19 : 348-352.

d'Auzac, J. and Jacob, J. L. 1989. The composition of latex from *Hevea brasiliensis* as a laticiferous cytoplasm. *In* Physiology of Rubber Tree Latex. (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 57-96. Boca Raton : CRC Press.

Darunsontaya, T., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I. and Gilkes, R. J. 2009. Forms of potassium in upland Oxisols and Ultisols in Thailand. 35th Congress on Science and Technology of Thailand, The Tide Resort, Chonburi, 15-17 October 2009, pp. 1-5.

Darunsontaya, T. 2011. The Mineralogy of Upland Agricultural Soils Under Tropical Monsoonal Environment in Thailand. Ph.D. Dissertation. Kasetsart university.

Darunsontaya, T., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I., Prakongkep, N. and Gilkes, R. J. 2012. The forms and availability to plants of soil potassium as related mineralogy for upland Oxisols and Ultisols from Thailand. Geoderma 170 : 11-24.

Ghosh, B. N. and Singh, R. D. 2001. Potassium release characteristics of some soils of Uttar Pradesh hills varying in altitude and their relationship with forms of soil K and clay mineralogy. Geoderma 104 : 135-144.

Han, H. S. and Lee, K. D. 2005. Phosphate and potassium solubilizing bacteria effect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant. Res. J. Agric. & Biol. Sci. 2 : 176-180.

Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. and Nelson, W. L. 2005. Soil Fertility and Fertilizers : An Introduction to Nutrient Management. New Jersey : Pearson Prentice Hall.

Helmke, P. A., and Sparks, D. L. 1996. Lithium, Sodium, Potassium,Rubidium and Cesium. *In* Method of Soil Analysis. (ed. Page, A. L.) pp. 551-573. Madison : WI.

Hosseinifard, S. J., Khademi, H. and Kalbasi, M. 2010. Different sorms of soil potassium as affected by the age of pistachio (*Pistacia vera L.)* trees in Rafsanjan, Iran. Geoderma 155 : 289-297.

Iqbal, S. M. M. and Yogaratnam, N. 1995. Effect of potassium on growth yield and mineral composition of young *Hevea brasiliensis.* Jl. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka 75 : 13-30.

Jacob, J. L., Prevot, J. C. and Kekwick, R. G. O. 1989. General metabolism of *Hevea brasiliensis* latex (with the exception of isoprenic anabolism). *In* Physiology of Rubber Tree Latex. (eds. d'Auzac, J., Jacob, J. L. and Chrestin, H.), pp. 101-144. Boca Raton : CRC Press.

Jeganathan, M. 1990.Studies on potassium magnesium interaction in coconut (*Cocos nucifera*). Cocos 8 : 1-12.

Jones, J. B. Jr. 2001.Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. Washington, D.C. : Boca Raton London Newyork.

Joseph, M., Nair, R. B., Mathew, M. and Punnoose, K. I. 1998. Potassium nutrition of mature rubber. Indian journal of natural rubber research 11 : 58-66.

Karthikakuttyama, M., Suresh, P. R., George, V. P. and Aiyer, R. S. 1998. Effect of continuous cultivation of rubber (*Hevea brasiliensis*) on morphological features and organic carbon, total nitrogen, phosphorous and potassium content of soil. Indian journal of natural rubber research 11 : 73-79.

Karthikakuttyama, M., Joseph, M. and Nair, A. N. S. 2000. Soil and nutrition. *In* Natural Rubber Agromanagement and Crop Processing. (eds. George, P. J. and Jacob, C. K.), pp. 170-198. Cochin : Anaswara Printing and Pubishing Company.

Ngwe, K., Kheoruenromne, I. and Suddhiprakarn, S. 2012. Potassium status and physicochemical and mineralogical properties of lowland Vertisols in a rice-based cropping system under tropical savanna climate. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 46 : 522-537.

Nilawonk, W., Attanandana, T., Phonphoem, A., Yost, R. and Shuai, X. 2008. Potassium release in representative maize producing soils of Thailand. Soil Sci. Soc. Am. J. 72 : 791-797.

Olk, D. C. and Cassman, K. G. 1993. Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture. Leuven : A Wiley–Sayce Co–Publication.

Onthong, J. and Osaki, M. 2006. Adaptations of tropical plants to acid soils. Tropics 15 : 337-347.

Phetchawee, S., Kanareugsa, C., Sittibusaya, C. and Khunathai, H. 1985. Potassium avaibility in the soil of Thailand. Proceeding of the 19th Colloquium of the International Potash Institute held in Bangkok Thailand pp. 167-184.

Prakongkep, N. 2008. Comparative Mineralogy and Chemistry of Lowland Soils in Thailand. Ph.D. Dissertation. Kasetsart university.

Samadi, A., Dovlati, B. and Barin, M. 2008. Effect of continuous cropping on potassium forms and potassium adsorption characteristics in calcareous soils of Iran. Aust. J. Soil Res. 46 : 265-272.

Samarappuli, L., Yogaratnam, N., Karunadasa, P., Mitrasena, U. and Hettiarachchi, R. 1993. Role of potassium on growth and water relation of rubber plants. Jl. Rubb. Inst. Sri Lanka 73 : 37-57.

Sethuraj, M. R. 1992. Yield Component in *Hevea Brasiliensis*. *In* Natural Rubber: Biology, Cultivation and Technology (eds. Sethuraj, M. R. and Mathew, N. M.), pp. 137-163. Amsterdam : Elsevier.

Shorrocks, V. M. 1964. Mineral Deficiencies in *Hevea* and Associated Cover Plants. Kuala Lumpur : Rubber Research Institute.

Singh, M., Singh, V. P. and Reddy, D. D. 2002. Potassium balance and release kinetics under continuous rice-wheat cropping system in Vertisol. Field Crop Res. 77 : 81-91.

Sposito, G. 2008. The Chemistry of Soils. New York : Oxford University Press.

Taiwo, A. A., Adetunji, M. T., Azeez, J. O. and Bamgbose, T. 2010. Potassium supplying capacity of some tropical alfisols in southwest Nigeria as measured by intensity, quantity and capacity factors. Nutr. Cycl. Agroecosyst 86 : 341-355.

Ulaganathan, A., Gilkes, R. J., Jessy, M. D., Ambily, K. K. and Nair, N. U. 2012. Distribution of potassium forms in soils under repeated rubber cultivation and virgin forest. International Rubber Conference, Kovalam, Kerala, India, 28-31 October 2012, pp. 141-142.

Wang, J. G., Zhang, F. S., Cao, Y. P. and Zhang, X. L. 2000. Effect of plant types on release of mineral potassium from gneiss. Nutr. Cycl. Agroecosyst 56 : 37-44.

Wang, J. J., Harrell, D. L. and Bell, P. F. 2004. Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Am. J. 68 : 654-661.

Waston, G. A. 1989. Nutrition. *In* Rubber. (eds. Webster, C. C. and Baulkwill, W. J.), pp. 291-348. New York : John Wiley & Sons.

Yogaratnam, N. and Weerasuriya, S. M. 1984. Fertilizer responses in mature *Hevea* under Sri Lankan condition. J. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka 62 : 19-39.

Yogaratnam, N. and Mel, J. G. 1985. Effect of fertilizers on leaf composition of N P K in some *Hevea* cultivars. J. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka 63 : 15-24.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายจักรกฤษณ์ พูนภักดี

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5210620037

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2552

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

จักรกฤษณ์ พูนภักดี, ขวัญตา ขาวมี, สุพรรณี ดวงทอง และจำเป็น อ่อนทอง. 2556. รูปของโพแทสเซียมในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลา. แก่นเกษตร 41 : 21-32.

จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2556. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

หทัยกานต์ นวลแก้ว, จักรกฤษณ์ พูนภักดี, จุฑามาศ แก้วมโน และจำเป็น อ่อนทอง. 2556. การใช้ปุ๋ยและแนวทางการจัดการดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอนในจังหวัดสงขลา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (กำลังจัดพิมพ์).